Band 49 / Heft 1 Dezember 1961

MONWEALTH INST.
OMOLOGY LIBRARY
24 JAN 1962
AL Fu.270
ARATE

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

BEGRÜNDET VON K. ESCHERICH

HERAUSGEGEBEN VON

W. ZWÖLFER

Dr. rer. nat., o. ö. Professor für angewandte Zoologie
an der Universität München

Mit 43 Abbildungen

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN
POSTVERLAGSORT HAMBURG

Inhalt

ORIGINALAUFSÄTZE

Vergleichende Untersuchungen der Tierwelt verschiedener Wiesenböden im oberbayerischen Raum, unter besonderer Berücksichtigung der Collembolen. Von R. LEUTHOLD 1

Zur Kenntnis des Rübenderbrüßlers *(Bothynoderes punctiventris* Germ.), Teil II. Von O. AUERSCH 50

Beobachtungen und Versuche über den Beginn der Kolonie-Entwicklung von *Nasutitermes ephratae* Holmgren *(Isoptera)*. Von G. BECKER 78

KLEINE MITTEILUNGEN

Neue Forschungsergebnisse an Termiten. Von A. HERFS 94

PERSONALIEN

Prof. Dr. FRIEDRICH ZACHER zum Gedächtnis. Von H. WEIDNER 111

Dieses Heft enthält 3 Beilagen des Verlages Paul Parey

Schriftleitung: Alle Einsendungen sind mit dem ausdrücklichen Vermerk „Für Zeitschrift für angewandte Entomologie" ausschließlich an Prof. Dr. W. Zwölfer, München 13, Amalienstr. 52, Gartengeb., zu richten.

Manuskripte: Die Zeitschrift veröffentlicht Originalabhandlungen, kleine Mitteilungen und Buchbesprechungen. Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Tabellen und Abbildungen wird gebeten, auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Abhandlung ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse in deutscher und, wenn möglich, englischer Sprache anzufügen. Die Titel zitierter Zeitschriften sind nach den internationalen Regeln zu kürzen. Für Manuskripte, die einen Umfang von 50 Seiten übersteigen, bittet der Herausgeber, vor Absendung mit ihm Fühlung aufzunehmen.
Es wird gebeten, die Manuskripte möglichst mit Schreibmaschine und nur einseitig zu schreiben und Sperrungen möglichst zu vermeiden. Photographische Abbildungsvorlagen müssen so beschaffen sein, daß sie eine kontrastreiche Wiedergabe ermöglichen. Alle dem Manuskript beiliegenden Unterlagen wie Photographien, Zeichnungen, Tabellen sollen auf der Rückseite mit dem Namen des Verfassers und dem Titel des Beitrages versehen sein. Bei Abbildungen, die bereits erfolgten Veröffentlichungen entnommen werden sollen, ist eine genaue Quellenangabe erforderlich.
Mit der Übergabe des Manuskriptes überträgt der Verfasser dem Verlag Paul Parey das Recht, die Herstellung von photomechanischen Vervielfältigungen in gewerblichen Unternehmen zum innerbetrieblichen Gebrauch nach Maßgabe des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens vom 14. 6. 1958 zu genehmigen.

Honorierung: Das Mitarbeiterhonorar beträgt DM 40,– je Druckbogen von 16 Seiten. Mehr als drei Druckbogen je Beitrag werden nicht honoriert. Der von Abbildungen und Tabellen eingenommene Raum sowie Doktor-Dissertationen sind honorarfrei.

Sonderdrucke: Die Verfasser von Originalarbeiten erhalten von ihrem Beitrag nach Druckbeendigung auf Wunsch unberechnet 30 Sonderdrucke, die Verfasser von Doktor-Arbeiten 50 Sonderdrucke. Mehrbedarf kann gegen Berechnung angefertigt werden, jedoch nur, wenn die Bestellung unmittelbar mit der Rücksendung der Fahnenkorrektur, spätestens der 1. Umbruchkorrektur, bei der Schriftleitung aufgegeben worden ist.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der photomechanischen Wiedergabe, sind vorbehalten. Gewerblichen Unternehmen wird jedoch die Anfertigung einer photomechanischen Vervielfältigung von Beiträgen oder Beitragsteilen für den innerbetrieblichen Gebrauch durch Photokopie, Mikrokopie und dergleichen nach Maßgabe des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens vom 14. 6. 1958 gegen Bezahlung der dort vorgesehenen Gebühr bis zu drei Exemplaren gestattet. Die Vervielfältigungen haben einen Vermerk über die Quelle und den Vervielfältiger zu tragen, und die in dem Rahmenabkommen vorgesehene Gebühr ist an die Inkassostelle für Photokopiergebühren beim Börsenverein des Deutschen Buchhandels e. V., Frankfurt/Main, Gr. Hirschgraben 17/19, zu entrichten. Erfolgt die Entrichtung der Gebühren durch Wertmarken der Inkassostelle, so ist für jedes Photokopierblatt eine Marke im Betrag von DM 0,30 zu verwenden.

Erscheinungsweise und Bezugspreis: Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge im Umfang von ungefähr 7 Druckbogen je Heft. Jährlich erscheinen etwa 6 bis 8 Hefte, von denen 4 jeweils einen Band bilden. Das Abonnement verpflichtet zur Abnahme eines ganzen Bandes und verlängert sich jeweils stillschweigend, wenn nicht unmittelbar nach Erhalt des letzten Heftes eines Bandes Abbestellung erfolgt. Die Hefte werden einzeln berechnet. Der Preis beträgt je Druckbogen etwa DM 4,50. Der Preis der Hefte außerhalb des Abonnements ist jeweils um 10 % teurer.
Die Zeitschrift kann bei jeder Buchhandlung oder beim Verlag Paul Parey, Hamburg 1, Spitalerstr. 12, bestellt werden.

© Paul Parey, Hamburg und Berlin 1961 · Printed in Germany by Westholsteinische Verlagsdruckerei Boyens & Co., Heide/Holstein

Z. ang. Ent. Bd. 49 (1961) H. 1 S. 1–112

Abonnementspreis dieses Heftes DM 32,20 Einzelpreis DM 35,40

Aus der Zoologischen Staatssammlung München

Vergleichende Untersuchungen der Tierwelt verschiedener Wiesenböden im oberbayerischen Raum, unter besonderer Berücksichtigung der Collembolen

Von Rosina Leuthold[1]

Mit 23 Abbildungen

I. Einleitung

Die fortschreitende Intensivierung der Landwirtschaft und die Ausnutzung jeder zur Verfügung stehenden Bodenfläche haben das Augenmerk erneut auf die Bedeutung der Bodenfauna gelenkt.

Untersuchungen an Wiesenböden bzw. Grünland wurden vor allem in Schlesien von Frenzel und in Österreich von Franz und Gunhold durchgeführt. Aus dem oberbayerischen Raum liegen derartige Arbeiten noch nicht vor. Andere Autoren greifen einzelne Faktoren heraus und bringen sie mit der Bodenfauna in Zusammenhang. So untersuchte z. B. Schimitschek den Einfluß des Porenvolumens auf die Wohndichte der Milben und Collembolen.

In meinen Versuchen wurde über die reine Inventarisierung hinaus der Erfassung der wesentlichen Umweltfaktoren ein breiter Raum gewidmet; erst ihre Erforschung läßt den Lebensablauf von Einzelindividuen wie einer Gemeinschaft verstehen. Thienemann sagt von dieser Bindung an die Umwelt: „Der Raum und das Leben, das ihn erfüllt, gehören untrennbar zusammen; Umwelt und Lebewelt bilden eine Einheit; man kann keines der beiden Glieder dieses Ganzen für sich, ohne Hinblick auf das andere verstehen."

Die grundlegenden Untersuchungen für meine Arbeit sind daher weitgehend zur experimentellen Seite hin ausgerichtet. Doch sind es hier nicht Experimente, die in einem Laboratorium unter von Menschen geschaffenen Bedingungen ablaufen, sondern der Natur selbst waren die Voraussetzungen für die Antworten auf die Experimente überlassen. Meine Aufgabe war, diese Faktoren richtig zu erkennen und sie mit der Lebewelt in Beziehung zu setzen.

[1] Dissertation 1958. Herrn Dr. W. Hellmich verdanke ich die Themastellung. Mein besonderer Dank gebührt Herrn Prof. Dr. A. Kaestner für seine Mühewaltung als 2. Referent und Herrn Dr. Gisin (Genf), der mich freundlichst in die Präparationstechnik und die Bestimmung der Collembolen einführte. Herrn Dr. Strebel, Herrn Prof. Dr. Lutz, Herrn Dr. Büdel, Herrn Dr. Poschenrieder, Fräulein Dr. Hohenstatter, Herrn Direktor Bauer und Herrn Weis danke ich für ihre Unterstützung.

Die bisher mit Thermometern ermittelten Temperaturwerte suchte ich durch genaueste Messungen mit Thermoelementen zu präzisieren. Parallellaufende Untersuchungen der Fauna sollten die feinen Reaktionen der Bodenorganismen auf Temperaturschwankungen registrieren.

Im Rahmen meiner Untersuchungen sollte nun erforscht werden, ob die mineralische Düngung einen negativen oder positiven Einfluß auf die Bodentierwelt hat und welche Unterschiede gegenüber einer Kompostdüngung bestehen.

Als Untersuchungsgebiet dienten gedüngte und ungedüngte Wiesen in Nymphenburg sowie unbewirtschaftete Vergleichsflächen in Reisach, ein Gebiet, an dessen Bearbeitung die Stadt München besonders interessiert ist, da es die Quellböden für die Münchner Wasserversorgung umfaßt. Die Abschwächung der Filterwirkung auf diesen seit etwa 50 Jahren unbearbeiteten Magerwiesen gab Anlaß zu Bodenverbesserungsmaßnahmen. Das Aufbringen verschiedener Düngemittel auf Versuchsparzellen bot eine ausgezeichnete Gelegenheit, die Düngerwirkung auf das Bodenleben und die Bodenfruchtbarkeit zu untersuchen. Mikrobiologische Untersuchungen unter Leitung von H. Poschenrieder (Bayer. Landesanstalt für Moorwirtschaft und Landkultur) liefen parallel.

Als praktische Bedeutung dieser Arbeit ist die Schaffung einer Grundlage für eine Analyse zu erhoffen, die Leitformen der Bodenfauna als Anzeiger der Bodengüte erkennen läßt und die wechselnden Zustände des Bodens in Tiersukzessionen widerspiegelt.

II. Methodik

Um eine umfassende Grundlage für die vergleichenden Betrachtungen der einzelnen Versuchsflächen zu schaffen, wurden aus 54 Probeentnahmen 324 Einzelproben bearbeitet.

Für die Erfassung der größeren Bodentiere grenzte ich ein Quadrat von 25 : 25 cm und innerhalb dieser Fläche noch ein weiteres von 10 cm Seitenlänge, für die kleinsten Bodenarthropoden, die Milben und Collembolen, ab. Die Proben wurden bis zu 20 cm Tiefe entnommen und in 3 Tiefenzonen gegliedert: 0–5, 5–10 und 10–20 cm.

Wie aus den Profilschnitten zu sehen ist, schwankt die Tiefe der Humusschicht bei den Reisacher Wiesen um 14 cm, während die Nymphenburger Böden eine stärkere Humuslage aufweisen. Obwohl es nun erstrebenswert schien, die Mächtigkeit dieses Liegenden als Tiefenmaß für die Grabungen zu nehmen, hielt ich doch das Volumen konstant und stellte bei allen Probeflächen eine Tiefe von 20 cm als Norm, da sich nur auf diese Weise vergleichende Betrachtungen der verschiedenen Böden ermöglichen lassen.

Zur Überprüfung der Frage, ob bei genannter Versuchsanstellung etwa ein Teil der Bodenfauna nicht erfaßt werden konnte, wurden auch aus größeren Tiefen Stichproben entnommen. Bei den Reisacher Böden treten schon bei 14 cm Tiefe Geröll und Kies so stark in Erscheinung, daß in größeren Tiefen kein Faunenbesatz mehr zu erwarten bzw. festzustellen war. Auch die in Nymphenburg in 20–30 cm Tiefe entnommenen Proben enthielten nur noch vereinzelte Individuen. Keine der gefundenen Arten ist unter die von mir gewählte Tiefe beschränkt, und keine Art ist vertikal so verteilt, daß sich die Mehrzahl der Individuen zu irgendeiner Jahreszeit unter der festgesetzten Tiefe aufhält.

Die Proben wurden zuerst makroskopisch auf weißem und schwarzem Papier ausgelesen, die 10 cm Quadrate anschließend in einen abgewandelten Tullgren-Berleseapparat gebracht, wie er von Schimitschek entwickelt und angewandt wurde und wie ihn auch Franz für seine Arbeiten benützte.

III. Beschreibung des Versuchsgeländes

1. Lage, Vegetationsaufnahme und Charakteristik der untersuchten Standorte

Im Schloßpark München-Nymphenburg

a. Die beiden ebenen Rasenflächen der westlich an das Schloß anschließenden Zieranlagen zeigen in Lage und Bewuchs ziemlich einheitlichen Charakter und nur eine geringe Lückigkeit. Im N und S von einer schmalen Hecke gesäumt, sind sie zum Schloß nach Osten und zum Kanal nach Westen hin offen.

Dieser kurzgeschorene Parkrasen ist von ähnlichem Typ wie die ebenfalls bearbeitete langhalmige Parkwiese. Er weist außerdem noch *Brachypodium pinnatum* als Trocken- und Magerkeitsanzeiger auf. Das starke Vorherrschen der Leguminosen dürfte neben einer Kompostdüngung vor allem dem Schnitt und der dadurch erfolgten Ausschaltung der Lichtkonkurrenz niederwüchsiger Pflanzen zuzuschreiben sein.

Eine Hälfte der Fläche wurde zweimal mit Kompost gedüngt (siehe S. 42). Es erfolgten 13 Probeentnahmen: am 5. Juli, 9. August und 26. Oktober 1954; ferner am 13. Januar, 21. April, 15. Juni, 1. August, 19. September 1955 und 5. Januar 1956. Vom 15. Juni 1955 ab entnahm ich die Proben sowohl von der gedüngten als auch von der ungedüngten Teilfläche. Die Fläche wird im folgenden als Rasen 1 (NR 1) bezeichnet.

b. Der ebenfalls kurz gehaltene Rasen 2 (NR 2) unterscheidet sich im Bewuchs von Rasen 1 in keiner Weise, erhielt aber eine andere Behandlung. Er wurde in Abständen von 3 Monaten mit einem Extrakt gespritzt, der aus gerührtem Kuhmist unter Zugabe kleinster Mengen von Eichenrinde, Baldrian, Brennessel, Kamille, Schafgarbe und Löwenzahn hergestellt war. Darüber hinaus ist auch hier eine Hälfte der Fläche mit Kompost gedüngt worden. Auf diesem Rasen wurden 7 Proben entnommen: 19. Juli, 17. August und 28. Oktober 1954 sowie am 4. Januar, 13. April und zuletzt am 15. Juni 1955 nach der Düngung auf beiden Teilflächen.

c. Als 3. Versuchsfläche diente eine Parkwiese (NW), deren einzige Behandlung in einer leichten Thomasmehldüngung und 1–2maligem Schnitt bestand. Die nach W und O hin offene Fläche wird im N und S von einem schmalen Waldsaum begleitet. Die Exposition ist leicht muldig, die Lückigkeit durch Maulwurfhaufen sehr stark. Eine dem *Arrhenatheretum-Brometosum* (Oberdorfer 1957) nahestehende trisetumreiche Fettwiese mit aus den Brometalien übergreifenden Wärme- und Trockenheitsanzeigern (*Bromus erectus, Plantago media, Salvia pratensis* und *Ranunculus bulbosus*). Die Artkombination gibt einen Hinweis auf die Herausentwicklung des Bestandes aus einem Halbtrockenrasen (Magerrasen) mittels Düngung, Pflege- und Nutzungsmaßnahmen.

Auch hier wurden siebenmal Proben gezogen: 21. Juni, 23. August, 11. Oktober 1954; 5. Januar, 19. April, 27. Juli und 24. Oktober 1955.

d. Um eventuelle Einflüsse und Wechselbeziehungen zwischen Wiese und Wald festzustellen, wurde schließlich noch der an oben genannte Wiese im N angrenzende Laubwaldstreifen (NWa) in die Untersuchungen einbezogen.

Seinem Bestand nach läßt er sich typologisch noch am ehesten mit dem *Galio-Carpinetum* (Oberdorfer 1957, ostbayerischer Eichen-Hainbuchenwald) vergleichen. Eine leichte Neigung zum *Alno-Ulmion-Verband* wird durch *Stachys silvatica* angedeutet. Eine entsprechende Fallaubauflage bildet die Förna.

In dreimonatlichem Abstand liefen, parallel zu den Probeentnahmen in der angrenzenden Wiese, Untersuchungen am 11. Oktober 1954 sowie am 5. Januar, 19. April, 27. Juli und 24. Oktober 1955.

Reisacher Gebiet

e. Im Frühjahr 1955 wurde ein weiteres Wiesengelände, das im Voralpenland zwischen Mangfall und Schlierach liegt, in die Untersuchungen mit einbezogen. Es ist das Einzugsgebiet des Münchner Leitungswassers. Die offene Grasfläche, die nur im O durch einen bewaldeten Hang begrenzt ist, entbehrte seit 50 Jahren jeglicher Düngung. Sie wurde bisher nur gemäht und abgeheut, manchmal auch, wenigstens zum Teil, gemulcht.

Diese Grasfläche wurde auf Veranlassung von J. L. Lutz (Bayr. Landesanstalt für Moorwirtschaft und Landkultur) im Frühjahr 1955 in 5 je 1000 qm große Teilstücke gegliedert, von denen 2 zur Kontrolle unverändert blieben, während die anderen mit mineralischen und organischen Düngern behandelt wurden.

Die ursprünglichen Grasflächen beherrscht ein sekundäres *Mesobrometum*. Wasserentzug und Verarmung an Nährstoffen schufen die „tote" Narbe der Halbtrockenrasen der aufrechten Trespe. Durch die Düngung sollte eine biologisch tätige Bodenschicht von höherem Wert als Filter für die in den Boden versickernden Niederschläge geschaffen werden. Für meine Untersuchungen griff ich 2 Parzellen heraus. Eine (RWu) wurde in ihrem ursprünglichen Zustand belassen.

f. Die zweite Parzelle (RWg) wurde mit „Wichtel"-Dünger behandelt und dreimal, in Abständen von 1 Monat (25. 5. – 15. 6. – 13. 7. 1955) gemäht. Die Parzelle erhielt durch die Düngung Fettwiesencharakter, wobei allerdings noch verschiedene übergreifende Arten des Mesobrometums erhalten blieben.

Damit die besten Vergleichsmöglichkeiten gegeben waren, wurden die Proben auf beiden Flächen gleichzeitig gezogen. Da klimatische Unterschiede wegfallen, können allenfalls auftretende Verschiedenheiten im Faunenbild nur mit der unterschiedlichen Behandlung der beiden Flächen in Einklang gebracht werden. 11 Untersuchungen, in einem Jahreszyklus, liefen: am 14. Mai, 20. Juni, 12. Juli, 18. August, 29. September, 7. November, 16. Dezember 1955; 23. Januar, 8. März, 25. April und 15. Mai 1956.

2. Der Aufbau der untersuchten Böden

Die Bodenprofile von Reisach und Nymphenburg gehören dem in Mitteleuropa häufigsten Bodentyp, dem der Braunerden an. Sie haben 3, in ihrer Mächtigkeit variierende Schichten, den A-, B- und C-Horizont, ausgebildet.

Der *A-Horizont*, als oberste Bodenschicht, trägt die Grasnarbe und ist daher stark durchwurzelt. In ihm spielen sich die wichtigsten biologischen Vorgänge ab, er ist Standort der Hauptverbreitung des tierischen und pflanzlichen Lebens. Diese Bodenschicht ist am meisten den Einflüssen des Klimas und der Bearbeitung durch den Menschen unterworfen. Durch Humusbeimengungen ist er dunkler gefärbt. Chemisch ist diese Schicht das Produkt von Verwitterungsvorgängen, die aber hier überwiegend beendet sind.

Von diesem humosen Boden überdeckt ist der *B-Horizont*, der, dichter gelagert (Porenvolumen!), sich als die eigentliche Verwitterungszone vor allem durch den Aufschluß und die Zersetzung unlöslicher Mineralien auszeichnet und dementsprechend reich an löslichen Salzen ist.

Der *C-Horizont* kennzeichnet den Rohboden, aus dessen Verwitterung die beiden aufliegenden Horizonte hervorgegangen sind. Er selbst ist von der Verwitterung nur schwach angegriffen und stark mit Steinen durchsetzt. Einzelheiten veranschaulichen die folgenden Aufführungen der Bodeneinschläge des Untersuchungsgebietes.

Repräsentativer Bodeneinschlag

Reisach, Parzelle mit „Wichtel"-Düngung

Einschlagtiefe 65 cm
Hauptwurzelzone 20 cm, Gesamtwurzeltiefe 65 cm

A	0–14 cm:	dunkelbrauner, humoser Lehm, mäßig viele Gerölle; braust nur an Kalkkörnchen
C_1	14–30 cm:	hellbrauner, plastischer Lehm, leicht graugescheckt, zahlreiche Gerölle; braust nur an Kalkeinschlüssen
C_2	ab 14 (30) cm:	Grobsand und Kies verschiedener Korngröße bis große Steine; wenig lehmiges Zwischenmittel; braust gleichmäßig heftig

Bodentyp: Pararendsina – Braunerde

Repräsentativer Bodeneinschlag

Reisach, ungedüngte Parzelle

Einschlagtiefe 70 cm
Hauptwurzelzone 25 cm, Gesamtwurzeltiefe 55 cm

A	0–14 cm:	schwärzlich-brauner, humoser, etwas sandiger Lehm, mit wenig Kies; braust schwach (nur Kalkkörner)
C_1	14–43 cm:	loser Kies (Feinkies), kalkreich
C_2	ab 43 cm:	Feinkies mit mittelgroßen Steinen, wenig lehmiges Zwischenmittel

Bodentyp: Pararendsina – Braunerde

Repräsentativer Bodeneinschlag

Nymphenburg

Einschlagtiefe 65 cm
A 0–10 cm: stark humoser Feinsand (Krume)
B 10–40 cm: humoser, stark lehmiger Feinsand mit Feinkies
C ab 40 cm: stark sandiger Fein-Mittelkies
Bodentyp: Braunerde

Daraus ist ersichtlich, daß sich die Bodenprofile von Reisach und Nymphenburg vor allem durch das Fehlen des B-Horizontes bei den Reisacher Wiesenböden unterscheiden. In Nymphenburg sind auch im B-Horizont noch Humusbeimengungen zu erkennen.

Der A-Horizont spaltet wiederum in 3 Schichten auf, die ich in Anlehnung an KÜHNELT (1950) als *Förna, F- und H-Schicht,* führen möchte. Sie kennzeichnen bestimmte Stufen der Abfallzersetzung. Unzersetzter Bestandesabfall, auf den Wiesen im wesentlichen Reste von Gras und Moos, im Wald eine Auflage von Laub, bilden die locker geschichtete Förna, die mit den im Vergleich zu tieferen Bodenschichten extremen Schwankungen ihres Eigenklimas große Anpassungsfähigkeit von ihren Bewohnern fordert. Die Organismen, die diesen Bedingungen entsprechen, arbeiten mit den Bakterien an der Erstzersetzung der Pflanzenreste. In der darunterliegenden F-Schicht wirken Bakterien und Bodentiere, die hier ihre größte Dichte entfalten, an der Weiterverarbeitung des Bestandesabfalls. In den untersuchten Böden schließt an diese Schicht die H-Schicht an, an deren Bildung die Bodenorganismen, besonders die Regenwürmer, durch Mischung des organischen und anorganischen Materials in Form von Ton-Humus-Komplexen, maßgeblichen Anteil haben.

IV. Der Wiesenboden als Lebensraum

1. Physikalische Beschaffenheit des Bodens

Das System von Hohlräumen im Boden, die als mikrobiologische Standorte betrachtet, in ihrer Formunbeständigkeit in die Dynamik des Bodenlebens eingreifen, ist der Raum, den die Bodenorganismen besiedeln; seine Größe wird auf Vorkommen und Verteilung der Tiere von beträchtlichem Einfluß sein.

Die Wiesenböden mit ihrer geschlossenen Pflanzendecke bieten als Lebensraum in jeder Hinsicht günstige Bedingungen. Ihr größerer und stabilerer Bestand an Hohlräumen, in denen sich die nötige Luft- und Wasserzirkulation vollzieht, garantiert den zahlreichen Lebewesen die für ihre Existenz wichtigen Bedingungen.

Die Zersetzung organischer Substanzen, die Wasserbewegung und die Ionenkonzentration führen zu morphologischen Veränderungen des Bodens. Die verschiedenen Kleinräume des Erdreichs werden mit der steten Wiederholung ihres Systems von Eigenklima, chemischer und physikalischer Beschaffenheit und Faunenzusammensetzung zu charakteristischen Lebensbezirken.

Die Bodenhohlräume sind von Wasser und Luft erfüllt. Jede Änderung dieses Gefüges wirkt sich zwangsläufig in einer Förderung oder Hemmung des Bodenlebens und der Bodenfruchtbarkeit aus. Demzufolge hängt die Güte des Bodens in besonderem Maße von der Beständigkeit des Hohlraumvolumens ab.

Die Durchlüftungsverhältnisse in den untersuchten Wiesenböden

Bei Betrachtung der verschiedenen Hohlraumvolumina meiner Versuchswiesen ergeben sich beachtliche Unterschiede. Sie sind in der graphischen Darstellung (Abb. 1) deutlich zum Ausdruck gebracht.

Als ausgezeichnet durchlüftete Böden erweisen sich die beiden Versuchsparzellen in Reisach, die, viele Jahre völlig unbearbeitet, die Behauptung von SCHIENEMANN und MORGENWECK erhärten, daß das Porenvolumen um so größer, je ursprünglicher das Land. Das bedingt eine sehr arten- und individuenreiche Fauna. Die hohen Volumenwerte nehmen nach den tieferen Bodenschichten hin, die dichter gelagert sind, langsam ab, doch ist diese Minderung unter einer Pflanzendecke geringer, und zwar in dem Maße, je dichter die Pflanzen stehen. Diese Gliederung in verschiedene Tiefenzonen äußert sich in einer Mikroschichtung der Lebewelt, die nach VOLZ (1934) nicht nur quantitativer, sondern, wie er an Springschwänzen nachwies, auch qualitativer Art ist. Allerdings wäre hierbei die Tatsache zu berücksichtigen, daß in den obersten Bodenschichten mit Niederschlägen und Verdunstung auch die Luft- und Wasserführung wechselt.

Ähnlich verhält sich der Hohlraum des Waldbodens in Nymphenburg. Zwar zeigt er nicht das für Waldböden geforderte, besonders große Porenvolumen, doch scheinen mir diese Werte gerechtfertigt, da es sich ja nicht um einen regelrechten Wald, sondern nur um einen schmalen, mit Bäumen besetzten Saum entlang der Wiese handelt. Ebenso regelwidrig ist die Zunahme des Hohlraumgehaltes mit der Tiefe, das ich nur in einer besseren Auflockerung der unteren Schichten auf Grund der kräftigen Durchwurzelung erklären kann.

Völlig andere Verhältnisse bieten die Wiesen in Nymphenburg. Die beiden Rasenflächen haben einen ausnehmend kleinen Luftgehalt, vor allem in den obersten Schichten. Auch das Gesamtporenvolumen zeigt sich wesentlich niedriger. Der Hauptgrund dafür liegt sicher in der dauernden Bearbeitung der Flächen, durch die eine dichtere Lagerung geschaffen wird. Außerdem ist durch die kurze Rasendecke die Oberfläche stärker der Witterung ausgesetzt, was eine festere Verbackung des Erdreichs bedingt. Wenngleich auch lange nicht mit den Reisacher Flächen konkurrenzfähig, kann der Luftgehalt der Wiese in Nymphenburg mit 26,72 % in der oberen Schicht durchaus noch als gut bezeichnet werden.

Sehr schön fügen sich die Individuenzahlen der Milben und Collembolen in dieses System (Abb. 1). Die größten Besatzdichten fallen mit den hohen Luftvolumina zusammen. Im Wald und in den Reisacher Wiesen liegen die Mittelwerte der Besiedlung zwischen 390 und 420 pro Probe. In der Verteilung der beiden Gruppen drosselt eine besonders starke Zunahme der Collembolen die Milbenentwicklung (z. B. gedüngte Parzelle Reisach, etwas gemindert auch im Wald). Diese Wechselbeziehungen wies auch KÜHNELT (1950) in seinen Versuchen nach; er zeigte, daß für einen bestimmten Raum eine gewisse Individuenzahl an Milben und Collembolen eingehalten wird, ferner, daß Trockenheit ein Ansteigen der Milbendichte und Zurückdrängen der Collembolen, hohe Feuchtigkeit jedoch das Gegenteil verursacht. Er folgert daraus – zumal beide Gruppen nicht in Nahrungskonkurrenz stehen – daß Raumkonkurrenz der Grund für dieses Verhalten ist. Niedrig, wie die Luftkapazität, liegt bei den Nymphenburger Rasenflächen die Besatzdichte mit etwa 200 Individuen. Der Milbenanteil wiegt vor. Mit einem Durchschnitt von 170 Milben und 105 Collembolen nimmt die Parkwiese in Nymphenburg eine Mittelstellung ein.

Bezüglich der Wohndichte der Milben und Collembolen stimmen meine Ergebnisse mit denen von SCHIMITSCHEK (1937) überein. Nach seinen Unter-

suchungen macht sich das Sinken der Luftkapazität im Boden in einer Abnahme der Individuendichte der Milben und Collembolen bemerkbar.

Die beiden Tiergruppen wählte ich zu einer vergleichenden Betrachtung aus der Überlegung, daß gerade für sie das Hohlraumsystem im Boden in

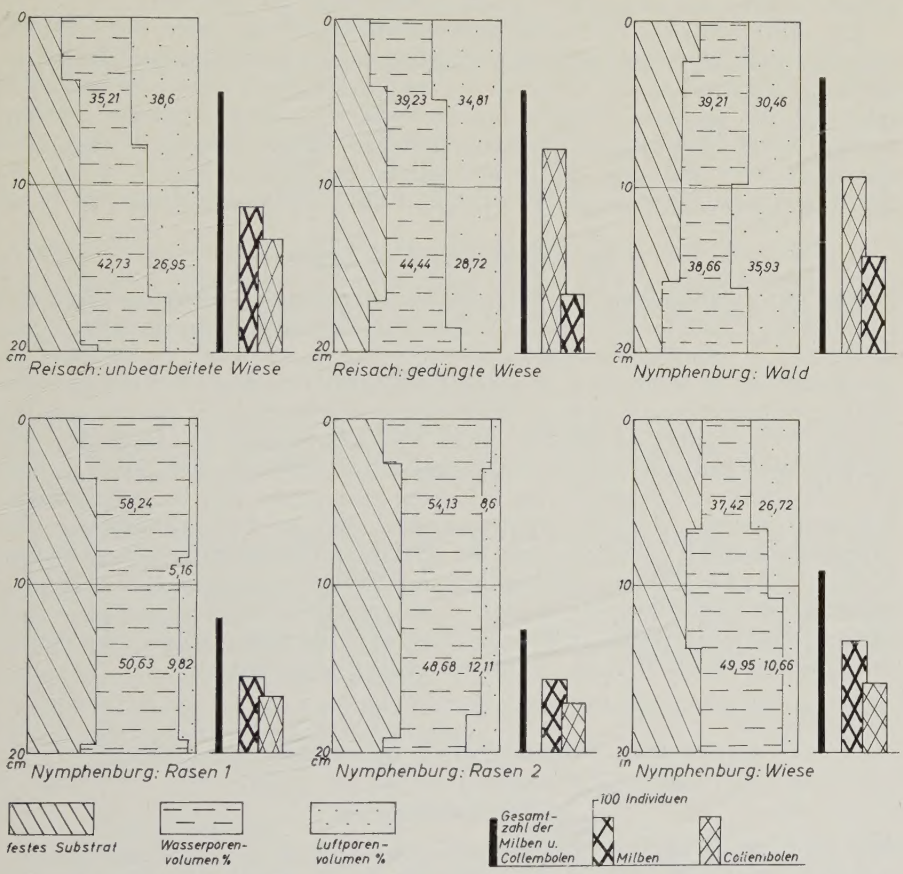


Abb. 1. Beziehungen zwischen Porenvolumen und Wohndichte der Milben und Collembolen in den Versuchswiesen

erster Linie bedeutungsvoll ist, da sie, im Gegensatz zu den Würmern und Insektenlarven, nicht die Fähigkeit besitzen, sich ihre Lufträume selbst zu schaffen.

Die Wasserkapazität bewegt sich bei den untersuchten Böden zwischen 35 und 58 %, sie ist also durchaus nicht gering. Die größten Schwankungen der Feuchtewerte treten auch hier in den obersten Schichten auf. Dem Wechsel der Feuchtigkeitsverhältnisse innerhalb der verschiedenen Bodenschichten trägt das artspezifische Feuchtigkeitsbedürfnis der Tiere Rechnung. Die regenreiche Zeit während der Versuchsperiode, mit meist einem Überangebot an Bodenfeuchtigkeit, läßt ein genau detailliertes Ansprechen der Lebewelt auf die Wasserkapazität schwer ermitteln. Daß die Bodenfeuchtigkeit ein wesentlicher abiotischer Faktor im Leben der terrestrischen Organismen ist,

wurde von verschiedenen Autoren schon genügend hervorgehoben. So wies sie WILLMANN für Milben und FORD für Collembolen nach. Die meisten der im Verlauf der Untersuchungen erfaßten Tiere sind an einen hohen Feuchtigkeitsgehalt gebunden, wenngleich für sie in beschränktem Maße die Möglichkeit besteht, bei zu großem Feuchtigkeitsmangel abzuwandern.

Die jahreszeitlichen Schwankungen im Faunenbesatz lassen sich vielfach auf die Feuchtigkeitsunterschiede zurückführen. Zweifellos stehen die höheren Individuenzahlen vor allem im September–Oktober, aber auch im Frühjahr, mit dem größeren Angebot an Feuchtigkeit in Zusammenhang. In den tieferen Schichten wirkt sich das kaum noch aus. Durch allzuviel Wasser, das die Poren mehr und mehr erfüllt und letzten Endes die Atemluft völlig aus dem Boden verdrängt, wird aber auch hier der Lebensraum eingeengt.

Der Luftaustausch im Boden

In den gut durchlüfteten Reisacher Böden ist genügend Sauerstoff vorhanden, um die Existenz der Tiere zu sichern. Im Zusammenhang mit ihrer verschiedenen Empfindlichkeit gegenüber CO_2 dringen die Tiere um so tiefer in den Boden ein, je weniger sie des Sauerstoffs bedürfen. Besonders einige Dipterenlarven zeigten sich zu einer derartigen anoxybiotischen Lebensweise befähigt. Völlig andere Ansprüche stellen die Enchytraeiden an die Bodenluft. Sie sind verhältnismäßig wenig CO_2-resistent und drängen sich daher in den oberflächlichen, gut durchlüfteten Schichten zusammen. Mit Sicherheit kann behauptet werden, daß der außergewöhnlich geringe Enchyträenbesatz der Nymphenburger Rasenflächen mit der schlechten Durchlüftung dieser Böden in Einklang zu bringen ist. Für Milben und Collembolen sind mir keine Untersuchungen über die Kohlensäureresistenz bekannt. Vielleicht mag sie in den beiden schlecht durchlüfteten Rasenstücken auch für diese Tiergruppen neben der Hohlraumbeschränkung ein limitierender Faktor sein.

2. Die chemische Beschaffenheit der untersuchten Wiesenböden

a. Der Humusgehalt

Eine große Rolle unter den Lebensbedingungen im Boden spielt der den Organismen zur Verfügung stehende Nahrungsvorrat. Schon TRÄGARDH hat die Einwirkung der Humusmenge auf die Zahl der Mikroarthropoden berücksichtigt. Die Erfassung des Gehaltes an organischer Substanz gewährt Einblick in das Nahrungsangebot der betreffenden Standorte. Einen annähernden Wert für den Gehalt an organischer Substanz ergibt die Bestimmung des Glühverlustes des Substrats.

Methodik: Der Glühverlust wurde bestimmt, indem jeweils 10 g der frischen Bodenproben bei 800° C eine Stunde lang geglüht wurden. Da nach SÜCHTING und CHRISTMANN (1936) beim Glühen neben der organischen Substanz auch das an die feinsten Bodenteilchen gebundene Konstitutionswasser verschwindet, fallen allerdings diese Ergebnisse etwas zu hoch aus.

Die Menge der organischen Substanz nimmt im Profil der Versuchswiesen mit der Tiefe nur sehr langsam ab, was auf gut durchmischte Böden schließen läßt. Am unmerklichsten vollzieht sich dieser Übergang in der gedüngten Parzelle in Reisach, die von allen untersuchten Wiesenböden zudem den höchsten Gehalt an organischen Stoffen aufweist. Das geringste Substanz-

angebot zeigt die Wiese in Nymphenburg, während die beiden Rasenflächen wieder höhere, und der Waldboden mit üppigem Pflanzenwachstum und kräftiger Durchwurzelung die höchsten Mengen organischer Substanz stellen; hier ist jedoch die Abnahme nach der Tiefe zu am deutlichsten ausgeprägt.

Glühverluste (in %)

Schichttiefe in cm	Nymphenburg				Reisach	
	Rasen 1	Rasen 2	Wiese	Wald	Wiese ung.	Wiese gedüngt
10	20,1	20,3	18,3	33,6	20,2	21,9
20	19,4	19,5	17,3	31,3	18,8	21,6

Diese Übersicht zeigt in allen Versuchsflächen einen verhältnismäßig hohen Gehalt an organischer Substanz. Eine Auslese oder Veränderung der Biozönose durch *Nahrungsmangel* darf also bei diesen Überlegungen mit Recht ausgeschlossen werden.

b. Die Acidität

Methodik der pH-Bestimmung: 10 g der frischen Bodenprobe wurden mit 25 ccm KCl-Lösung versetzt, die so behandelten Proben 10 Minuten auf dem Schüttelapparat geschüttelt und in der Aufschwemmung der pH-Wert mit Hilfe einer Chinhydron-Kalomel-Elektrodenkette bestimmt.

Die in der Tabelle angeführten Werte sind aus den einzelnen Meßergebnissen, die gewissen Schwankungen unterworfen sind, gemittelt. Die Wechselwirkung der aeroben und anaeroben Zersetzungsvorgänge ist für die lokale Inkonstanz des pH-Wertes verantwortlich (vgl. Feher 1932). Die größte Individuendichte entfaltet sich nach Ansicht einiger Autoren im neutralen bis schwach alkalischen Bereich.

Somit sind alle Vorbedingungen für eine günstige Verteilung der Acidität in den untersuchten Wiesenböden gegeben.

Verteilung des pH im Untersuchungsgebiet

Nymphenburg:		Reisach:	
Rasen 1	7,36	Wiese unbearb.	6,90
Rasen 2	7,31	Wiese gedüngt	7,31
Wiese	7,30		
Wald	7,41		

Wie aus der Tabelle ersichtlich, bewegen sich die Werte in den Wiesen fast einheitlich um einen pH von 7,3; etwas alkalischer ist der Waldboden. Lediglich der unbearbeitete Halbtrockenrasen in Reisach zeigt mit einem pH-Wert von 6,9 nahezu neutrale Reaktion.

Trotz der noch ungenügenden Erforschung dieser Frage darf doch mit Sicherheit angenommen werden, daß derartig feine Unterschiede in der Wasserstoffionenkonzentration keinen Einfluß auf das Gefüge der Lebensgemeinschaft gewinnen können, zumal viele Tiergruppen hierin eine gewisse Großzügigkeit in der Variationsbreite zeigen. Eine sekundäre Wirkung der Acidität als Nahrungsfaktor kann durchaus bestehen, doch gegenüber anderen Umwelteinflüssen erscheint mir die H-Ionenkonzentration von untergeordneter Bedeutung.

Die Proben wurden außerdem noch auf ihren Kalk- und Stickstoffgehalt sowie ihr pflanzenverwertbares P_2O_5 analysiert:

c. Der Kalkgehalt

Die Nymphenburger Wiesen zeichnen sich durch einen überwiegend hohen Gehalt an kohlensaurem Kalk aus; besonders groß ist das Kalkangebot in den Rasenflächen, weniger gut versorgt zeigt sich die Wiese. Der geringe Kalkgehalt des schwach sauren Halbtrockenrasens in Reisach wurde durch die Düngung ausgeglichen.

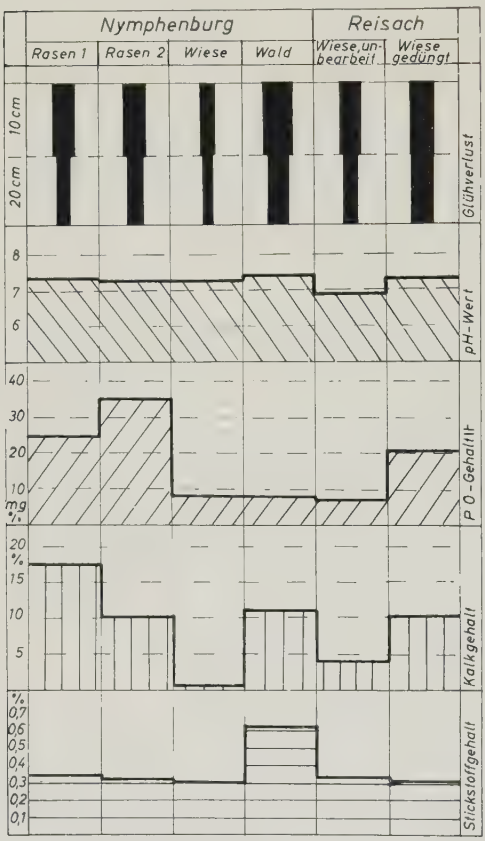


Abb. 2. Chemische Beschaffenheit der untersuchten Böden

Da der Kalk im Boden durch Beschleunigung der Humuszersetzung die Nährstoffe aufschließt, erweist sich sein Vorhandensein für die Kleintierwelt des Bodens von größter Bedeutung. Zudem verhindert er die Verschlämmung der Bodenschichten und steigert die Krümelbeständigkeit. Im Boden führt er durch sein Bestreben, Verbindungen einzugehen, zu einer Durchmischung der mineralischen Bestandteile. Unter einer dichten Rasendecke stabilisiert ein günstiger Kalkzustand den Humusgehalt.

d. Der Stickstoffgehalt

Nach Wohltmann (zit. in Lüdi) können Böden mit mehr als 0,3 % Stickstoff als sehr reich bezeichnet werden, was folglich für die Böden des Untersuchungsgeländes zutrifft. Stickstoff dient in erster Linie zur Bildung von Pflanzeneiweiß. Die Kleinlebewesen spielen im Stickstoffkreislauf sowohl die Rolle von *Produzenten* als auch von *Resumenten,* sie verwerten abgebautes pflanzliches Eiweiß und liefern nach ihrem Absterben tierisches Eiweiß. Bodenbakterien vollziehen die Umwandlung der Eiweißstoffe.

e. Der Phosphorsäure-Gehalt

Die größten Unterschiede ergeben sich bei der P_2O_5-Versorgung. Sie kann im Waldstück und der angrenzenden Wiese in Nymphenburg als unzureichend bezeichnet werden. Auch die unbearbeitete Parzelle in Reisach zeigt

einen P_2O_5-Mangel, der in der gedüngten Fläche durch die Mineralgaben behoben wurde. Die beiden Rasenflächen dagegen sind gut bis reichlich versorgt.

3. Das Klima der Versuchswiesen

Die Definitionen, die von den einzelnen Autoren für die verschiedenen Klimabereiche angewandt werden, sind mannigfaltig und oft gänzlich uneinheitlich.

Unter *Großklima* verstehe ich, in Anlehnung an Geiger (1950), den räumlichen Klimakomplex für das gesamte Untersuchungsgebiet, er ist im Jahresgang der Versuchsperiode festgehalten. Das *Mikroklima* hat die klimatischen Vorgänge in der bodennahen Luftschicht, also im Bestand der Wiesen und *im Boden* zur Grundlage und wird durch den Tagesgang, manchmal auch im Stundenmaßstab festgelegt.

Das Großklima ist in seiner Auswirkung auf die terricolen Organismen nicht in jeder kleinen Witterungskomponenten von lebensbeeinflussender Bedeutung, doch wirkt es in seinem Gesamtablauf über das Mikroklima auf die Bodentiere ein, denen nur ein relativ kleiner Temperatur- und Feuchtigkeitsbereich dauernde Lebensmöglichkeit bietet. Dabei liegt im Bereich der Bodentemperatur die Bedeutung auf einer gewissen Stabilität der Bodenwärme.

A. Der Witterungsablauf während der Untersuchungsperiode

In Abb. 3 sind die wichtigsten Witterungsvorgänge in einer graphischen Darstellung zusammengefaßt. Sie erlaubt, nicht nur den augenblicklichen Zustand während der jeweiligen Probeentnahmen, sondern auch die vorhergehende Zeit klimatisch zu überblicken. Dadurch erübrigt sich eine ausführlichere Beschreibung des Witterungsablaufes.

Auf den advektiven Einfluß wurde verzichtet, da er zu sehr auf den Großraum ausgerichtet, und nur ein Übergangszustand, im Hinblick auf die Themastellung unwichtig, ist. Es interessiert nur der stationäre Zustand der Atmosphäre. Primäre Bedeutung kommt der Strahlungsbilanz zu. Sie spiegelt sich in der Temperatur wider, deren Verlauf durch die Ein- und Ausstrahlung bestimmt wird. Vor allem ist hierbei der Bedeckungsgrad zu berücksichtigen. Bei bedecktem Himmel lagen die Temperaturen während der Sommermonate oft unter dem Durchschnittswert. Spätherbst und Frühwinter dagegen waren zu warm. In den kalten Nachwintermonaten schützte eine Schneedecke den Boden vor strengem Frost. Nur im Februar 1956 fror das Erdreich stellenweise bis zu 1 m tief. Besonders interessant sind daher die Ergebnisse der Märzproben, die einen Einblick gestatten, wie weit die einzelnen Tiergruppen große Kälte zu ertragen vermögen.

Die Bodenfeuchtigkeit lag infolge der reichlichen Niederschläge während der ganzen Untersuchungsperiode meist zu hoch. Das prägte sich auch darin aus, daß nicht selten Tierarten gefunden wurden, die ausgesprochen feuchtes, ja sogar nasses Milieu bevorzugen.

B. Die Auswirkungen des Großklimas auf den Boden und die bodennahe Luftschicht

Der Boden, der in seiner Reaktionsträgheit alle klimatischen Gegensätze abschwächt, ist für viele Tiere, für die Überwinterung holometaboler Insekten

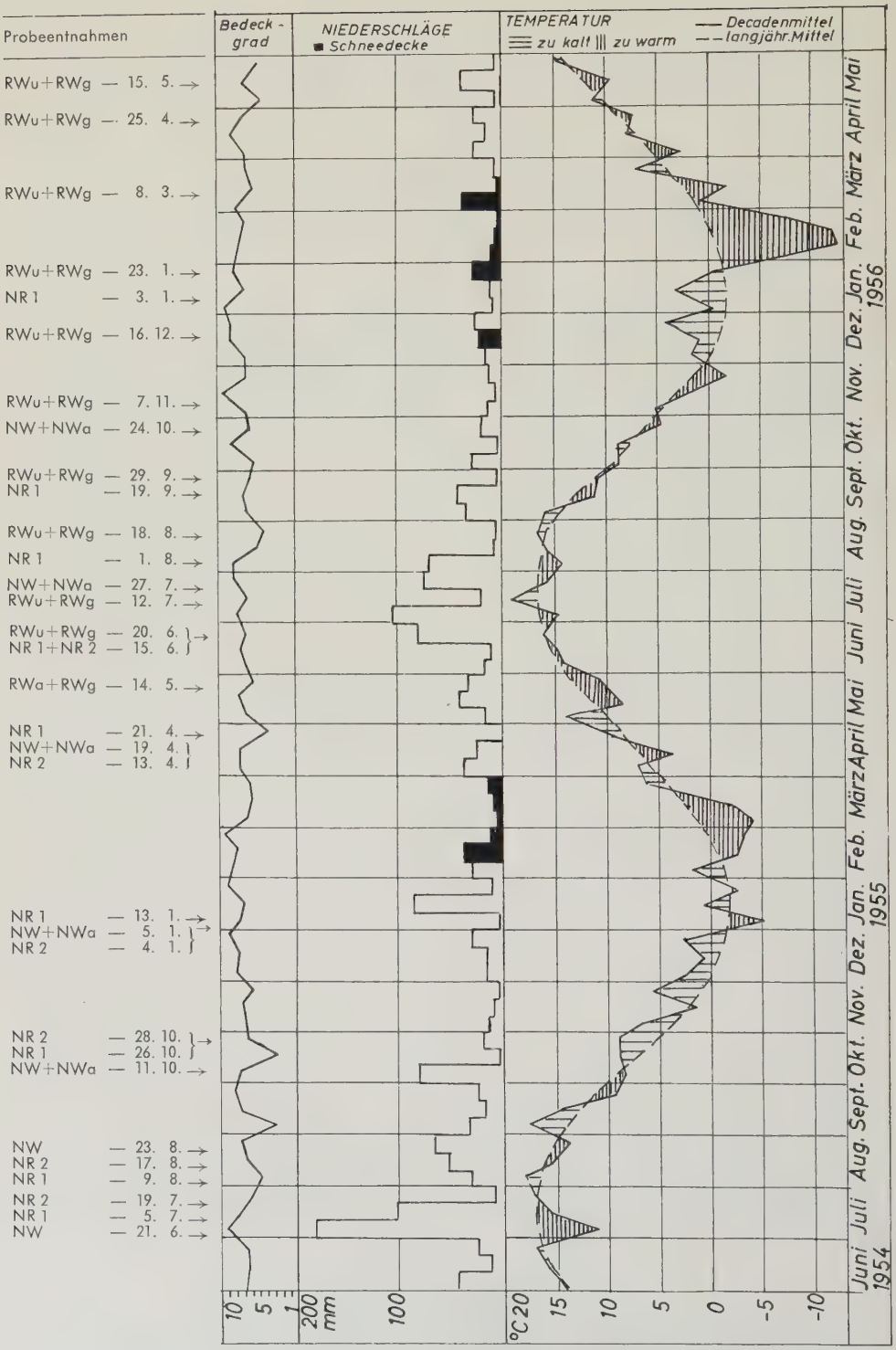


Abb. 3. Witterungsablauf während der Untersuchungsperiode (Juni 1954 – Mai 1956)

und für die zarten Nymphen, ein ausgezeichnetes Refugium. Somit stellt auch die Bodentemperatur für die terrestrisch lebenden Organismen einen wesentlichen ökologischen Faktor dar. Da die thermischen Schwankungen mit zunehmender Tiefe rasch abklingen, besteht für die Bodentiere die Möglichkeit, mit Vertikalwanderungen darauf zu reagieren. Nicht einmal Bodenfrost kann einen Nachteil für die Populationen bringen und das biologische Gefüge stören, da die tiefen Schichten einen wirksamen Schutz bieten. Die mikroklimatischen Differenzen beschränken sich im wesentlichen auf die obere Schicht und sind in 25 cm Tiefe fast völlig ausgeglichen.

a. Das Bestandsklima

Die von mir durchgeführten Messungen im Bestand der Versuchswiesen charakterisieren den Temperaturverlauf innerhalb eines Tages. Die Tagesmittel, zu einer Isoplethendarstellung (Abb. 4) zusammengefaßt, lassen erkennen:

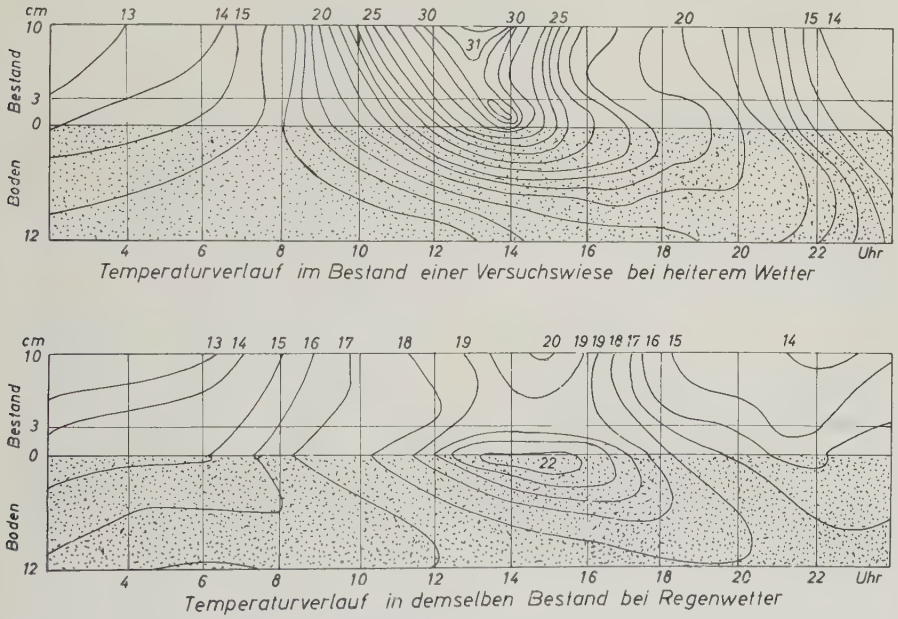


Abb. 4. Temperaturverlauf im Bestand einer Versuchswiese bei heiterem (oben) und bei Regenwetter (unten)

Selbst in der Nacht ist der Boden durch die vermittelnde Wirkung des Mikroklimas, das sich in der Höhe der Halme errichtet hat, geschützt (vgl. auch GEIGER 1950). Während der Nacht beruhigt sich der Temperaturverlauf im Bestand. Nur zur Zeit der verstärkten Taubildung, nach meinen Messungen zwischen 23 und 2 Uhr (SEEMANN und LÖW setzen diese Zeitspanne von 23 bis 1 Uhr) treten Temperatursprünge besonders ausgeprägt in 10 cm Höhe auf. Nach den vorher genannten Autoren entspricht jeder stoßweisen Auskondensation ein sprunghaftes Ansteigen der Temperatur in der bodennahen Luftschicht. Die Folge davon ist eine starke thermische Turbulenz, die sogar den Gang der relativen Feuchte erheblich beeinflußt.

Nachts liegen die tiefsten Temperaturen an der Bestandesgrenze. Diese nächtlichen Untertemperaturen werden aber bei Sonnenschein rasch wieder ausgeglichen: mit dem Höhersteigen der Sonne wird ein steilerer Einfallswinkel ausgebildet, und bald übernimmt die bodennahe Luftschicht die Erwärmung. Nach Mittag bewegen sich die höchsten Temperaturen im Bestand nahe an der Oberfläche und teilen diese Erwärmung auch den obersten

Bodenschichten mit. Abends zieht die Zone niederer Temperatur zur Bestandesgrenze, im Bestandesinnern ist es warm.

Aber nicht nur der Wärmehaushalt, sondern auch der Wasserhaushalt wird durch die Pflanzendecke reguliert. Nur längere Trockenheit kann verursachen, daß in niederer Vegetation die Luft relativ trockener wird als im Freien.

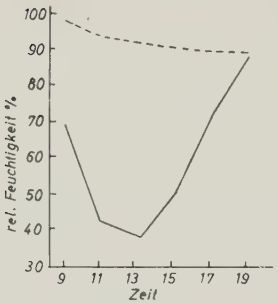


Abb. 5. Tagesgang der relativen Feuchtigkeit
— rel. Luftfeuchtigkeit
– – rel. Feuchtigkeit im Gras in 10 cm Höhe

Beobachtungen der *Luftfeuchtigkeit* im Gras der Wiese in Nymphenburg im Vergleich mit der Feuchtigkeit der umgebenden Atmosphäre lassen die feuchteste Luft stets im Gras der Wiesen erkennen (Abb. 5).

Die Feuchtigkeitswerte wurden durch Serienmessungen mit Haarhygrometern und Hygrographen ermittelt.

b. Wie gestaltet sich nun der von der bodennahen Luftschicht übermittelte Temperaturverlauf in den Bodenschichten der Versuchsflächen?

Vorausschickend möchte ich bemerken, daß die Temperaturmessungen zu den folgenden Ausführungen mittels Thermoelementen erfolgten. Die im Versuch benützte Meßanordnung bestand aus drei hintereinandergeschalteten Kupfer-Konstantan-Thermoelementen, die, elektronisch verstärkt, auf einen Vielfachschreiber registrierten. Die Meßpunkte, mit einem Durchmesser von 4 mm, wurden in die zu messende Bodentiefe eingeführt. Die erhaltenen Werte beziehen sich auf die Temperatur der Gegenlötstelle im Thermostaten.

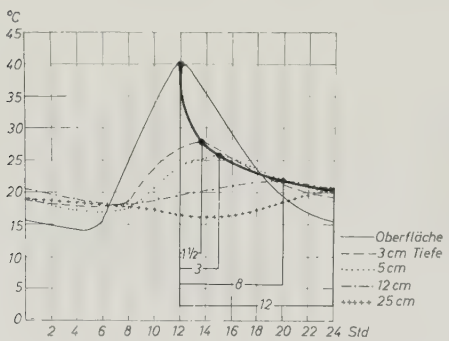


Abb. 6. Verzögerung der Tagesextreme mit zunehmender Tiefe (nach thermoelektrischen Messungen schematisiert)

Die Sonneneinstrahlung bewirkt eine starke Erwärmung in einer dünnen Schicht an der Bodenoberfläche. Die Fortpflanzung dieser Temperaturwelle in die tieferen Bodenschichten vollzieht sich mit einer zunehmenden Verspätung und Abschwächung der Extreme. Für die Reisacher Böden konnte ich an einem sonnigen Sommertag folgende Werte messen:

In 3 cm Tiefe sind die Tagesextreme bereits um 1½ Stunden verspätet, in 5 cm Tiefe um 3 Stunden, in 12 cm um 8 Stunden und in 25 cm Tiefe hat sich die Temperaturamplitude gar um 12 Stunden verlagert (Abb. 6).

Doch spielt hier die Bodenfeuchtigkeit eine wesentliche Rolle. Nach Regenfällen ist diese Variationsbreite merklich verkürzt, so daß die Verschiebung der Extremwerte zwischen Oberfläche und 25 cm Bodentiefe nur bei etwa 6 Stunden liegt.

Die Regenwirkung im Boden

Wie sehr sich Regenfälle und erhöhte Bodenfeuchtigkeit im allgemeinen auf den Wärmehaushalt im Boden auswirken, mag die folgende Ausführung zeigen. Die Bodenfeuchtigkeit ist meist sehr hoch und variiert nur wenig im Laufe eines Tages, wenn nur wenigstens eine dünne Pflanzendecke den Boden schützt. Diese Tatsache ist vor allem für die Milben und Collembolen wichtig, die den Hauptteil der Bodenfauna ausmachen und die ihre optimalen Lebensbedingungen nur in einem Milieu mit über 90% relativer Feuchtigkeit finden. Es besteht gleichermaßen eine Beziehung zwischen Feuchtigkeit und Temperatur, denn die Erwärmung im Boden wird herabgesetzt, wenn er mit Wasser, das die Wärmeleitfähigkeit erhöht, gesättigt ist.

Normalerweise besteht die Bodenfeuchtigkeit aus hygroskopischem und kapillarem Wasser. Durch starke, anhaltende Regen entsteht freies Wasser, das, in den Boden eindringend, die Leitfähigkeit des Bodens derjenigen des freien Wassers angleicht. Kurze Regenfälle, wie sie oft bei Gewittern auftreten, reichen nicht aus, um die Temperatur der Bodenoberfläche unter die der Luft zu bringen. Einige Stunden Regen, sogar auf gefrorenen Boden, wirken ausgleichend auf die Bodentemperatur und verkleinern die Unterschiede zwischen den einzelnen Tiefen. Das Versiegen des Regens und die folgende Abtrocknung des Bodens resultieren in einer Verbreiterung der Temperaturgradienten in verschiedenen Tiefen.

Zwei Beispiele, aus meiner Meßperiode gegriffen, mögen dies noch weiter erläutern (Abb. 7).

Warmer Regen in bodennaher Kaltluft am frühen Morgen:

Plötzlicher Temperatursprung mit Erhöhung der Temperatur

Erwärmung:

Luft: 1,5°

Bodenoberfläche: 2,5°

15 cm Tiefe: 1,0°

25 cm Tiefe: nicht betroffen

Kühler Regen bei nachmittäglichem Gewitter, während der Tageserwärmung:

Rapides Fallen der Temperatur

Abkühlung:

Luft: 5° (eigentliche Wirkung des Regens setzt bei der Luft etwas früher ein)

Bodenoberfläche 5°

15 cm Tiefe: 2°

25 cm Tiefe: Beachtenswert: kaum merklicher Temperaturanstieg

(Bessere Leitfähigkeit des nassen Bodens. Unterste Schichten tagsüber nicht so stark erwärmt, Mischtemperatur des kühlen Regens und der warmen oberen Bodenschichten noch so hoch, daß sie in der untersten kühlen Schicht den kleinen Temperaturanstieg bewirkt)

Erholung der Temperatur nach dem Regen:

Rascher Ausgleich in der mittleren Schicht durch Absinken der Temperatur auf den Ausgangswert (Regen bringt Wärme mit in den Boden, diese Reserven jedoch bald wieder erschöpft)

Rascher Ausgleich in der mittleren Schicht durch Ansteigen der Temperatur bis zum Ausgangswert

Bodenoberfläche: zuerst langsamer, nach Sonnendurchbruch dann rascher Temperaturanstieg

Dieser Vorgang langsamer an der Bodenoberfläche (Verdunstungskälte)

Lufttemperatur steigt anfangs in gleichem Maße wie die der Oberfläche, bleibt aber dann hinter dieser zurück

Nur zögernd folgt die Luft (nasser Boden vermindert Wärmeabgabe)

Der tägliche Temperaturgang im Boden einer der Versuchswiesen

Er ist im Boden ausgeglichener als in der freien Atmosphäre, die Minima werden nach der Tiefe zu wärmer, die Maxima kühler, ein wichtiges Kriterium für die terricole Tierwelt, die somit geringeren Temperaturschwankun-

gen ausgesetzt ist. Allerdings sind deutliche Unterschiede zu verzeichnen zwischen einem Tagesgang bei warmem Sommerwetter mit starker Einstrahlung in trockenem Boden oder bei bedecktem Himmel in nassem Boden. Durch Bewölkung und Niederschläge werden die Temperaturschwankungen

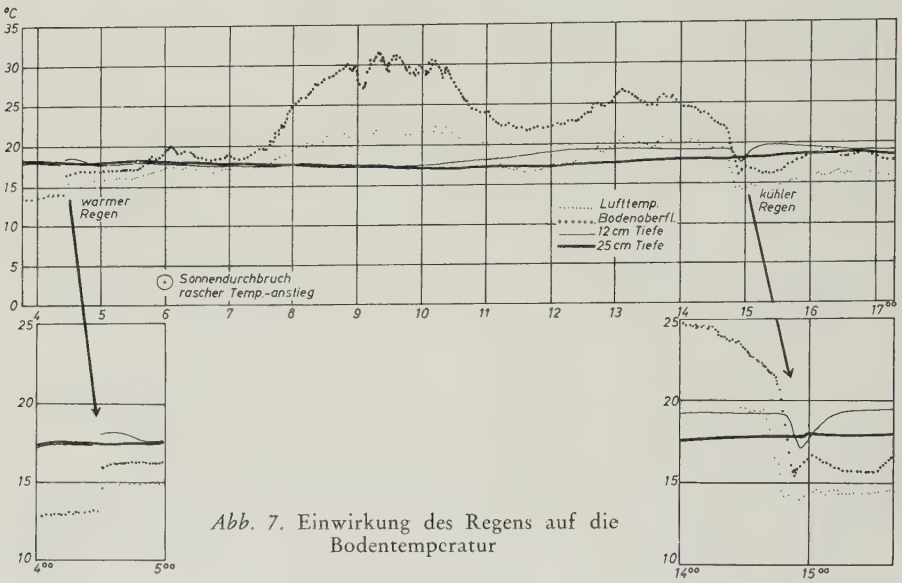
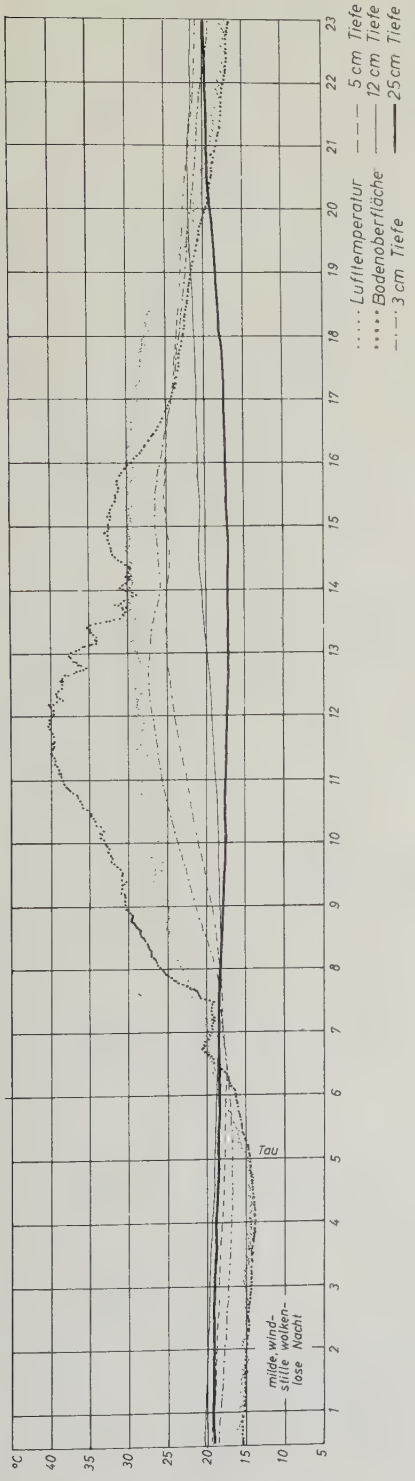


Abb. 7. Einwirkung des Regens auf die Bodentemperatur

merklich verringert. In größerer Bodentiefe ist jedoch die Temperaturzunahme weniger abgeschwächt als in den oberflächlichen Schichten. Eine Gegenüberstellung der beiden Witterungstypen mag dies am besten erhellen (Abb. 8).

Temperaturverlauf in trockenem Boden, an einem wolkenlosen, heißen Sommertag

Nachts um 1 Uhr liegen die Bodentemperaturen höher als die der Luft mit einem Unterschied bis zu 5° C. Am wärmsten ist die Schicht in 12 cm Tiefe. Woeikof versteht darunter den Ausstrahlungstyp oder nächtlichen Typ, bei dem die Differenzen zwischen der Oberfläche und den darunter liegenden Bodenschichten nicht so groß sind. Zum Morgen hin sinken Oberflächen- und Lufttemperatur durch die Wärmeausstrahlung und erreichen ihren kleinsten Wert um Sonnenaufgang. Nun beginnen die Temperaturen zu steigen, mit direkter Bestrahlung der Versuchsfläche erhebt sich die Oberflächentemperatur rasch und steil über die der Luft, bis sie mittags um 12 Uhr kulminiert. Verzögert setzt die Erwärmung der beiden oberen Bodenschichten in 3 und 5 cm Tiefe ein. Etwa um 6 Uhr beginnen auch ihre Temperaturen ziemlich rasch zu steigen. Erst um 8 Uhr folgt langsam die Erwärmung der mittleren Schichten, während die unterste in 25 cm Tiefe kaum merklich weiter absinkt, bis sie um Mittag ihren tiefsten Stand erreicht, also genau das Extrem der Oberflächentemperatur zeigt. Diese sinkt von 12 Uhr ab kongruent ihrem Anstieg. Eine Unregelmäßigkeit im Verlauf um 14 Uhr rührt von dem Schlagschatten eines Baumes her. Diese Wirkung läßt sich abgeschwächt auch noch in den beiden oberen Schichten verfolgen. Der tiefere Sonnenstand ab 16 Uhr resultiert in einer dauernden Beschattung der Versuchsstelle, was sich in einem rapiden Temperaturfall an der Oberfläche äußert. Doch schon nach einer Stunde wird der Verlauf ausgeglichener und sinkt langsam ab, bis er mit Sonnenuntergang die Bodentemperatur schneidet. Die Lufttemperatur beginnt zwischen 14 und 15 Uhr, nach Überschreiten des Höchstwertes, langsam wieder abzusinken, merklich beschleunigt durch den Sonnenuntergang liegt sie schon um 20 Uhr tiefer als die der Bodenschichten. Die nach-



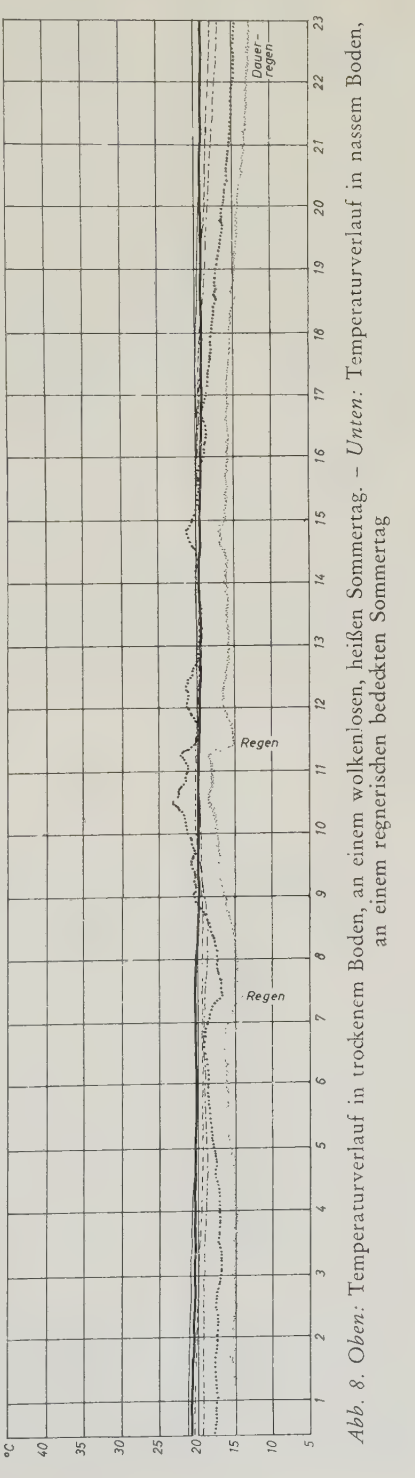


Abb. 8. Oben: Temperaturverlauf in trockenem Boden, an einem wolkenlosen, heißen Sommertag. – *Unten:* Temperaturverlauf in nassem Boden, an einem regnerischen bedeckten Sommertag

mittäglichen, durchaus noch bemerkenswerten Extreme der beiden obersten Schichten verzögern sich, bedeutend abgeschwächt, nach unten zu so sehr, daß in 12 cm das Maximum erst um 20 Uhr, in 25 cm um Mitternacht erreicht wird.

Temperaturverlauf in nassem Boden, an einem regnerischen, bedeckten Sommertag

Besonders auffällig ist vor allem die Tatsache, daß die Lufttemperatur im ganzen Tageslauf (24 Stunden) nie die Boden- und Oberflächentemperaturen übersteigt. Schon nachts, wo auch hier analog dem Schönwettertyp die höchste Temperatur in 12 cm Tiefe verzeichnet werden kann, ist die Luft sogar wesentlich kühler als die Oberfläche. Zwar läßt die durch die Wolkendecke verminderte Ausstrahlung ein Absinken der Luft- und Oberflächentemperatur in den Morgenstunden nicht aufkommen, doch setzt sich die um 4 Uhr eintretende Erwärmung nur sehr schwach und zögernd durch. Der kurz nach 7 Uhr einsetzende Regen äußert sich in einem kleinen Temperaturfall, der auch in den beiden oberflächlichen Schichten noch schwach bemerkbar ist. Die Oberflächentemperatur erreicht ihr Maximum schon zwischen 10 und 11 Uhr und sinkt mit geringen Schwankungen, hervorgerufen durch verstärkte Regen, bis sie um Mitternacht ihren tiefsten Stand erreicht. Einen fast einheitlichen Verlauf zeigen die Temperaturen aller Bodentiefen, die in keiner Phase des Tagesganges mehr als 2–3° voneinander abweichen und beinahe ganz dem Verlauf der Temperatur in der tiefsten Schicht, der sich völlig ungestört zeigt, angeglichen sind. Deutlich lassen sich hier die Wärmereserven im Boden erkennen, die trotz des anhaltenden Regens einem Abkühlen der Temperatur, wie es bei der Luft auftritt, entgegenwirken.

Die Variationsbreite der Bodentemperatur in den verschiedenen Schichten wird wohl durch die Darstellung in Tautochronen (Abb. 9 und 10) am klarsten veranschaulicht. Bei heiterem Wetter mit starker Sonneneinstrahlung schwankt die Oberflächentemperatur um 26°C. Dem abwärts gerichteten

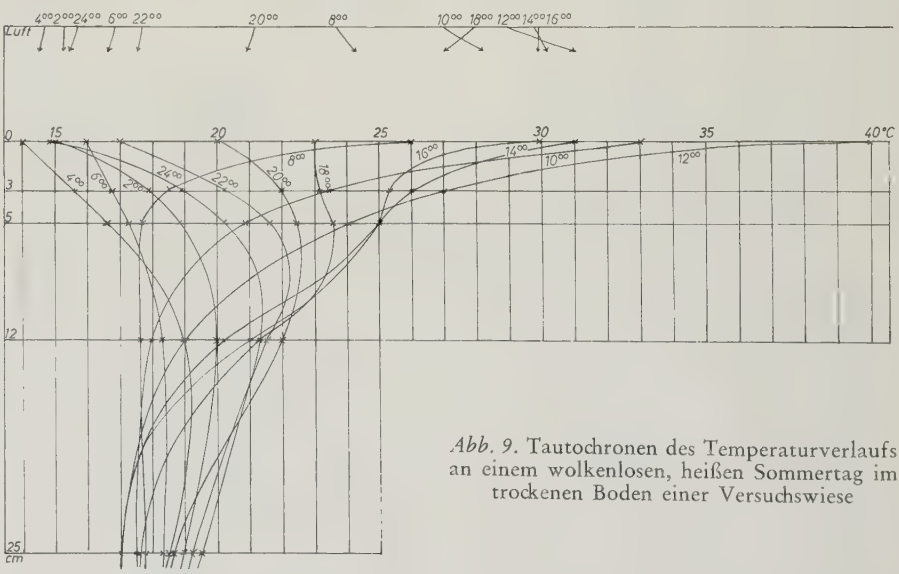


Abb. 9. Tautochronen des Temperaturverlaufs an einem wolkenlosen, heißen Sommertag im trockenen Boden einer Versuchswiese

Temperaturgefälle folgt ein entsprechender Wärmestrom und setzt sich von Schicht zu Schicht in periodischen Schwingungen verzögernd und abklingend nach unten fort. Bereits in 3 cm Tiefe ist die Schwankung auf 11,5° gesunken, in 5 cm variiert die Temperatur um 8,5°; in 12 cm um 4,4° und in 25 cm schließlich nur noch um 2,5°.

Merkliche Unterschiede, vor allem in den obersten Schichten, ergeben Messungen bei regnerischem Wetter, wo eine geschlossene Wolkendecke Ein- und Ausstrahlung unterbindet. An der Oberfläche hat sich die Schwankung mit 6,5° C auf genau 1/4 vermindert. In ungefähr gleichem Maße folgen die beiden nächsten Schichten mit 3,1° in 3 cm und 2,5° in 5 cm. Mit 2,8° schwankt die 12-cm-Schicht stärker als die über ihr liegende. In der Tiefe von 25 cm wirkt sich die trübe und regnerische Witterung nicht mehr nennenswert auf die Amplitude aus, die, mit 2,1°, sich nur wenig von der Schönwetterphase abhebt.

Die Bodentiere haben also in den oberen, hauptsächlich besiedelten Schichten weit größere Temperaturspannen zu ertragen, als es in tieferen Lagen der Fall ist. Daß sie trotzdem diese augenscheinlich ungünstigeren Lagen bevorzugen, ist wohl in erster Linie aus dem größeren Nahrungsangebot und der besseren Durchlüftung der oberen Bodenschichten zu verstehen, dann aus der gewissen Unempfindlichkeit gegenüber diesen Temperaturschwankungen.

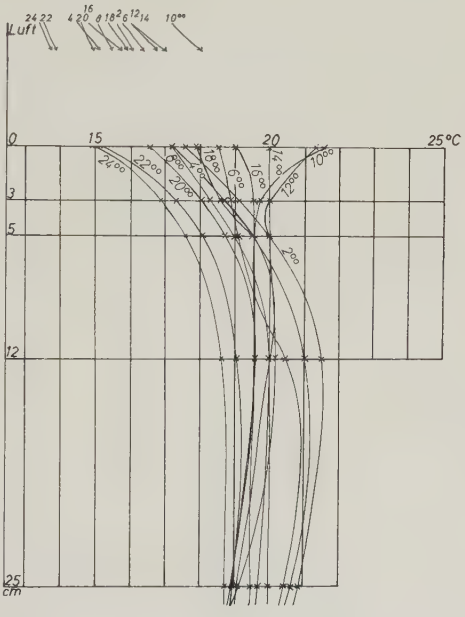


Abb. 10. Tautochronen des Temperaturverlaufs an einem bedeckten, regnerischen Sommertag im nassen Boden derselben Wiese

Der jährliche Temperaturgang im Boden während der Untersuchungsperiode 1955

In der gleichen Weise wie der tägliche Temperaturgang wird auch der Jahreszyklus durch die Wärmeaufnahme und -abgabe der tätigen Oberfläche bestimmt. Die Einwirkung der Bodenbedeckung ist vor allem in der wärmeren Zeit sehr bedeutend. Im Winter hält die Schneedecke dem Boden alle größeren Temperaturschwankungen fern. Die Amplituden im Boden werden auch im Laufe eines Jahres nach der Tiefe hin abgeschwächt und verzögert, nur ist dieser Vorgang auf längere Zeiträume und größere Tiefen bezogen. Während der warmen Jahreszeit speichert der Boden Wärme und gibt den Überschuß in der kalten Jahreszeit wieder ab. Diese Wärmereserven stellen die höheren Bodentemperaturen, die sich während des ganzen Herbstes bis in den Dezember halten können. Im Frühjahr dauert es dafür um so länger, bis die Erwärmung auch die tieferen Bodenschichten erfaßt.

Die tiefsten Temperaturen im Boden bis zu 20 cm Tiefe sind in den ersten Monaten des Jahres zu finden. Schon im Februar erholen sich die Schichten in 10 und 20 cm Tiefe und steigen nun rasch und stetig bis zu ihren höchsten Werten, die sie in 10 cm Tiefe im Juli, in 20 cm im August erreichen. Wie im Tageszyklus ergibt sich auch hier eine Verschiebung der Extremwerte. In ihrem ganzen Verlauf zeigen die beiden Schichten eine Temperaturspanne von höchstens 20° C. Einen viel größeren Schwankungsbereich weist die Bodenoberfläche auf. Nicht nur die winterlichen Minima liegen tiefer, auch das Sommermaximum, das sich

schon im Juni einstellt, überragt die Höchstwerte der Bodentemperatur weit (die einzelnen Meßwerte des Versuchsjahres 1955 sind aus Abb. 11 zu ersehen).

Im großen betrachtet sind also die Bodenorganismen keinen Temperaturen ausgesetzt, die eine lebenshemmende Wirkung ausüben könnten; allerdings ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß durch unerwartete Extreme (z. B. Kälteeinbrüche) Umweltbedingungen geschaffen werden, die die Aktivität der Tiere hemmen oder sie gar töten, wenn der Wechsel allzu plötzlich erfolgt und keine Chance zum Auswandern in begünstigtere Bodentiefen geboten ist. Im Verlauf meiner Untersuchungen konnte ich derartige Ausnahmen nicht feststellen.

Eine kurze Betrachtung möchte ich noch dem *Verhalten der subterranen Organismen gegenüber niederen Temperaturen* widmen.

In strengen Frostperioden, wie im Februar 1956, schützt eine Schneedecke den Boden, sie verhindert eine bedeutendere Abkühlung, so daß hier das Minimum nicht unter –1,3° C sank. Die Proben, die nach dieser strengen Frostperiode Anfang März entnommen wurden, boten einen so hohen Faunenbesatz, der klar erwies, daß die anhaltende Kälte keinen hemmenden Einfluß ausgeübt haben konnte. Auch die Ergebnisse der anderen Wintergrabungen lassen diese Auffassung vertreten. Sinken die Individuenzahlen während der Wintermonate ab, so ist der Grund weit eher in mangelnder Feuchtigkeit und Durchlüftung oder auch im Nachlassen der Vermehrungstätigkeit zu suchen, als in zu niederen Temperaturen; die manchmal recht schwache Sommerbesiedlung kann als Beweis gelten.

Die einzelnen Tiergruppen variieren in ihrer Reaktion: Enchytraeiden z. B. scheinen kälteempfindlicher zu sein, denn sie lassen während der Frostperiode eine deutliche Tiefenwanderung verfolgen.

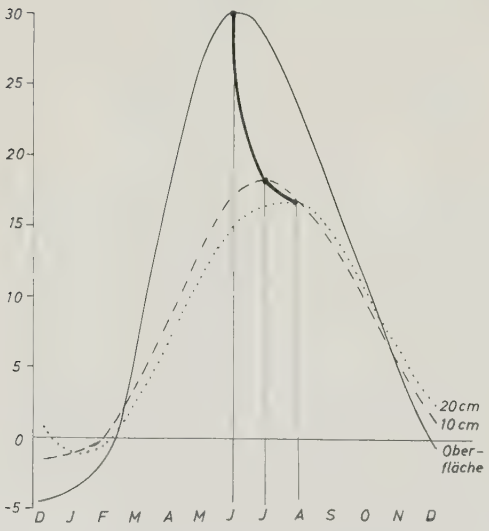


Abb. 11. Verzögerung der Jahresextreme mit zunehmender Tiefe

Collembolen, Nematoden, manche Insektenlarven und Mollusken sind sehr kälteresistent. Dabei ist vor allem noch die *langsame Anpassung* an tiefe Temperaturen als wichtiger Faktor zu beachten. Wie auch Mail (1930) ausführt, vermögen viele Insektengruppen im Winter Temperaturen zu ertragen, denen sie im Sommer erliegen würden.

Die Abhängigkeit vom Licht ist für die bodenbewohnenden Wirbellosen nicht von umfassender Bedeutung, denn in ihrem Lebensraum herrscht Dunkel. Auf bewachsenem Boden wird der Hauptteil der auffallenden Strahlen bereits zwischen den Halmen abgefangen und die Strahlungsintensität mit Annäherung an den Boden immer geringer. Eine Abhängigkeit vom Licht (Kühnelt 1950) besteht im eigentlichen Sinne nur für die hemiedaphischen Tiere, die, als Bewohner der Bodenstreu diese zwar am Tage als Versteck nutzen, aber erst bei Nacht auf Beutefang an die Oberfläche kommen. Die echten Bodentiere meiden jegliches Licht, vor allem die UV-Strahlung, die ihnen schwere Schädigung zufügen kann. Sie reagieren ausgesprochen negativ phototaktisch.

Aus den Betrachtungen der klimatischen Gegebenheiten des Versuchsgeländes geht hiermit deutlich hervor, daß die Temperatur zwar einen sehr beachtlichen Faktor im Leben der terricolen Tiere darstellt, daß sie jedoch keine ausschließliche Bedeutung beanspruchen darf. Sie läuft anderen Faktoren parallel und prägt mit ihnen den Biotop „Wiesenboden" mit allen Vor- und Nachteilen für seine Bewohner.

V. Die quantitative Analyse der Kleintierwelt im Wiesenboden

Aus den 54 im Laufe der Untersuchungen entnommenen Proben wurden weit über 30 000 Individuen gezählt, von denen die meisten die oberste Bodenschicht bewohnen.

Die Verteilung der Fauna in den untersuchten Böden kann nach zweierlei Gesichtspunkten betrachtet werden: Nach ihren Änderungen in der *Zeit,* die täglich und jahreszeitlich bedingt sind, und nach den Änderungen im *Raum,* der Vertikalverteilung. Beide sind für eine Darstellung des Populationsgefüges gleich wesentlich.

Der jährliche Zyklus der Gesamtpopulation

Die jahreszeitlichen Schwankungen in der Bevölkerungsdichte basieren in erster Linie auf den Witterungsvorgängen im Laufe des Jahres, wobei die beiden Faktoren Temperatur und besonders Feuchtigkeit von maßgeblicher Bedeutung sind. Nahrungsmangel fällt als mitbestimmender Faktor aus, wie schon bei der Besprechung der Lebensbedingungen im Wiesenboden erörtert wurde.

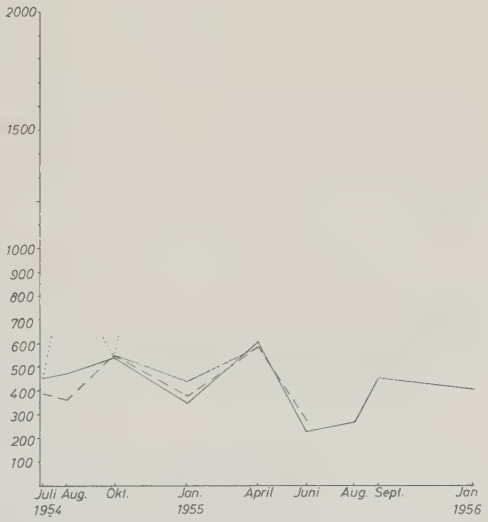


Abb. 12. Jahreszeitliche Verteilung der Gesamtfauna in Nymphenburg

—— Rasen 1
– – – Rasen 2
. . . . . R1 } = Ameisen und die mit ihnen
. . . . . R2 } vergesellschafteten Asseln ausgegliedert

Das Faunenbild der beiden Rasenflächen in Nymphenburg gleicht sich sehr (Abb. 12). Läßt man die Ameisen und die mit ihnen vergesellschafteten Asseln, die in R 1 zuweilen in Nestern von vielen Hunderten von Individuen auftreten, unberücksichtigt, so kommen die Werte der Besatzdichte fast zur Dekkung. Spitzen im Tierbesatz zeigen die Monate mit einem hohen und ununterbrochenen Gehalt an Bodenfeuchtigkeit: Oktober, April und September. In den Sommermonaten wurde die niedrigste Gesamtzahl festgestellt. Etwas höher liegen die Werte im Jahr 1954, in dem vor allem

der Juli durch hohe Niederschlagssummen gekennzeichnet war (siehe Klima Abb. 3). Eine Abnahme der Regenmenge im August hatte auch eine solche im Faunenbesatz zur Folge. 1955 war die erste Juniperiode, in der die Proben entnommen wurden, zu kalt und nicht so niederschlagsreich wie im Vorjahr. In diesem Monat wurde der tiefste Stand der Tierentwicklung während der Untersuchungsperiode dieser beiden Flächen erreicht. In angemessener Höhe lagen dagegen die Winterwerte der in beiden Jahren sehr milden Januarmonate. Gerade in die Monate mit sonst niedriger Individuenzahl fällt das Massenauftreten der Ameisen. Ich möchte sie aber nicht als ein Faunenelement dieses Biotops ansprechen, da ihre Nestgebundenheit nur an einigen Stellen des Rasens die Dichtebilanz stört. Auf beiden Flächen zeigt sich der Jahresverlauf der Besatzschwankungen ziemlich ausgeglichen, allerdings ist die Individuendichte nicht besonders hoch, wie die schlechte Durchlüftung dieser Böden auch erwarten läßt.

In einem höheren Bereich liegen die Abundanzwerte der untersuchten Wiese in Nymphenburg (Abb. 13). Bemerkenswert ist hier der dichte Faunenbesatz im Juni 1954. Ausreichende Niederschläge bei warmer Witterung schufen die günstigen Bedingungen, während zur Zeit der Augustproben der zu kalte Witterungscharakter ein starkes Absinken der Populationsdichte verursachte. Der Oktober zeigte in beiden Jahren eine hohe Besiedlungsdichte. Nach einem langsamen Zurückgehen der Tiergesellschaft im Winter des folgenden Jahres blieb das zu erwartende Frühjahrsmaximum aus. Frühjahr und Sommer 1955 waren viel zu kühl, und so senkte sich der Faunengehalt trotz reichlicher Niederschläge kontinuierlich bis zum Tiefstand im Juli.

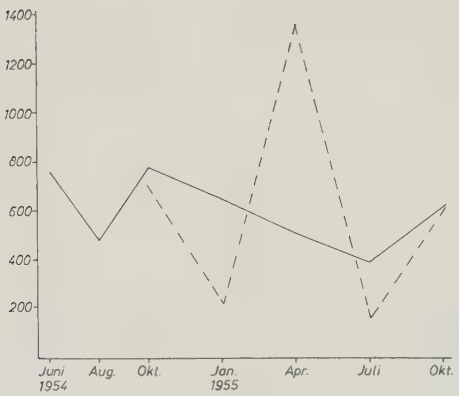


Abb. 13. Jahreszeitliche Verteilung der Gesamtfauna in Nymphenburg
—— Wiese
– – – angrenzender Waldstreifen

Ein völlig anderes Bild gibt die parallellaufende Bodenuntersuchung des an diese Wiese angrenzenden Waldsaumes. Nur die Oktoberwerte lassen einen Vergleich mit denen des benachbarten Wiesenbodens zu. Weit ausgeprägter sind dagegen die Winter- und Sommerminima, andererseits stellt sich ein extrem hohes Aprilmaximum ein. Abgesehen von der allgemein höheren Besatzdichte der Waldböden gegenüber dem Freiland mag der auffallend große Unterschied in der Besiedlung dieser nebeneinander gelegenen Flächen auch in dem schützenden Einfluß des Kronendaches zu sehen sein, das die starke Auswirkung der in diesem Frühjahr viel zu kalten Witterung bremste.

Durch einen völlig uneinheitlichen Verlauf der Jahreskurven unterscheidet sich die gedüngte Wiesenfläche in Reisach von der unbearbeiteten (Abb. 14).

Die auffallend hohen Winterwerte, die sich vor allem im März nach der strengen Februarkälte noch behaupten konnten, widerlegen die Auffassung

einer negativen Beeinflussung des Populationsgefüges durch niedere Temperaturen.

Im Jahreszyklus der ungedüngten Parzelle ist der Höchststand wieder im Herbst zu verzeichnen. September und November liefern hier fast völlig gleiche Werte. Die Novemberprobe stellt mit 770 Individuen den höchsten Wert des Jahres. Weitere Spitzen liegen wiederum im April und bemerkenswerterweise im Juli, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß sich die sonst übliche Sommertrockenheit, durch starke Regenfälle in der Zeit vor der Probeentnahme unterdrückt, nicht auswirken konnte. Die niedrigste Individuenzahl wird im vorhergehenden Juni erreicht, dem eine ausgesprochen kalte, wenn auch nicht gerade regenarme Periode voranging. Auch der Januar liegt in seiner Besatzdichte nicht wesentlich höher.

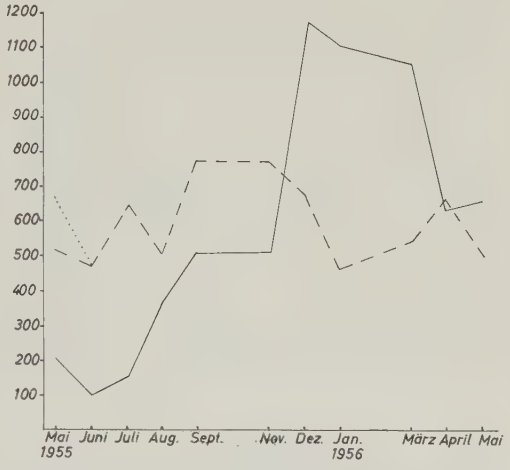


Abb. 14. Jahreszeitliche Verteilung der Gesamtfauna in Reisach
——— Wiese gedüngt
– – – – Wiese unbearbeitet
. . . . Ameisen ausgegliedert

Somit bestätigen die Untersuchungen die von anderen Autoren ebenfalls nachgewiesenen Herbst- und Frühjahrsmaxima und – im allgemeinen – auch den Tiefstand im Sommer und während der Wintermonate.

Diese Folgerungen beziehen sich auf das Verhalten der *gesamten* Bodentierwelt. Da aber die Möglichkeit besteht, daß gewisse Spitzen im Jahresgang durch die eine oder die andere Gruppe von Tieren bedingt wird, sind noch die einzelnen Tiergruppen gesondert zu betrachten. Allerdings habe ich in den folgenden Darstellungen nur diejenigen Gruppen erfaßt, die auf Grund ihres zahlenmäßigen Vorkommens eine bedeutende Rolle spielen oder durch ihr verschieden starkes Auftreten innerhalb der einzelnen Biotope zur Charakterisierung dieser Lebensstätten beitragen.

Der jährliche Zyklus der wichtigsten Gruppen

Abb. 15–17 geben ihre Verteilung vergleichend wieder. Aus ihnen kann alles Wesentliche entnommen werden, so daß ich mich in den Ausführungen kurz fassen kann. Auch von diesem Gesichtspunkt aus zeigen die beiden Rasenflächen eine weitgehende Übereinstimmung. Bemerkenswert ist das fast völlige Fehlen der stark sauerstoffbedürftigen Enchytraeiden in den schlecht durchlüfteten Böden. Überaus hoch liegt dagegen der Besatz mit Gastropoden. Besonders erwähnen möchte ich schließlich noch den hohen Ameisenbesatz in Rasen 1.

Die unterschiedliche Verteilung der Gesamtfauna in Wiese und Wald des Nymphenburger Parkgeländes läßt sich in der Ausbildung der einzelnen

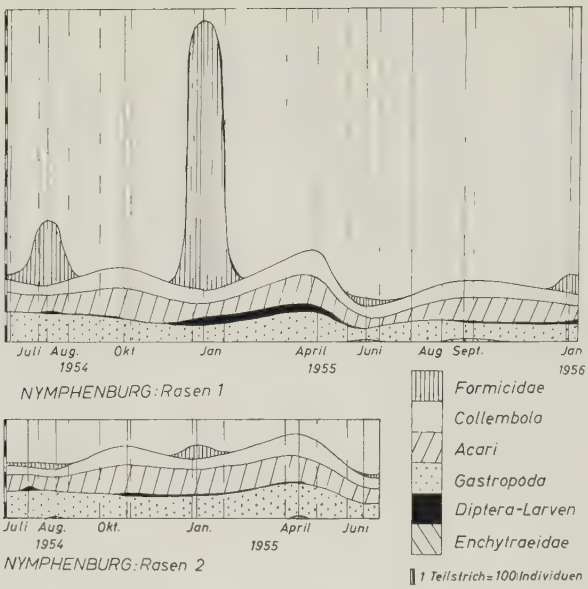


Abb. 15. Jahreszeitliche Verteilung der wichtigsten Gruppen in den beiden Rasenflächen in Nymphenburg

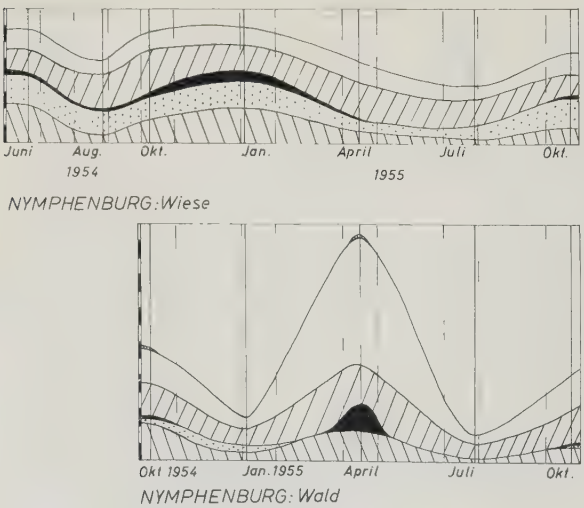


Abb. 16. Jahreszeitliche Verteilung der wichtigsten Gruppen in der Wiese und dem angrenzenden Laubwaldstreifen in Nymphenburg

Gruppen weiterverfolgen.

Im Gegensatz zu den Rasenflächen tritt der Enchytraeidenanteil stark in den Vordergrund. Deutliche Verschiebungen kennzeichnen den Besatz mit Dipterenlarven; ihr mäßiges Auftreten im Wiesenboden wird im Wald im April zu einer beachtlichen Spitze gesteigert. Nahezu gleichartig vollzieht sich der Jahresgang der Milben in Wiese und Wald, wenn man von der zahlenmäßigen Größe absieht, die im Wald höher liegt. Collembolenspitzen und -tiefen fallen mit denen der Milben zusammen. Nur im April wurde im Wald die Steigerung noch weit überhöht; sie stellt somit den hohen Gesamtindividuenstand dieses Monats. Im Wiesenboden waren die Collembolen das ganze Jahr über geringer vertreten als die Milben, doch auch hier gleicht sich die Jahreskurve derjenigen der Milben an.

Differenzierter erweist sich wiederum in Reisach der Jahresverlauf. Ein starkes Faunenelement stellen hier die Enchytraeiden. In der gedüngten Wiese sind die Verhältnisse durch die Behandlung etwas verschoben. Nach der anfänglich rapiden Abnahme, als Folge der Düngewirkung, begannen sich die Besatzzahlen allmählich zu stabilisieren und setzten von Dezember ab zu einem Aufstieg an, der im März in der höchsten Enchytraeidendichte aller Probeflächen gipfelte. Die Milben bilden in der ungedüngten Fläche den

größten Anteil, den im gedüngten Boden die Collembolen übernehmen. In diesem scheinen die Milben von der Düngung am meisten betroffen. Doch machen sie die allgemeine Wiederbesiedlung im August mit.

Umgekehrten Verhältnissen begegnen wir bei den Collembolen. Hier ist die gedüngte Fläche der Biotop, der in der Collembolenentwicklung weitaus an erster Stelle steht. Wohl hat die Düngung anfangs eine Schockwirkung ausgelöst und den Bestand dezimiert, doch folgt darauf ein Anstieg, der vor allem nach einer sprunghaften Individuenzunahme im Dezember in den Wintermonaten eine ungewöhnliche Verdichtung dieser Tiere bringt.

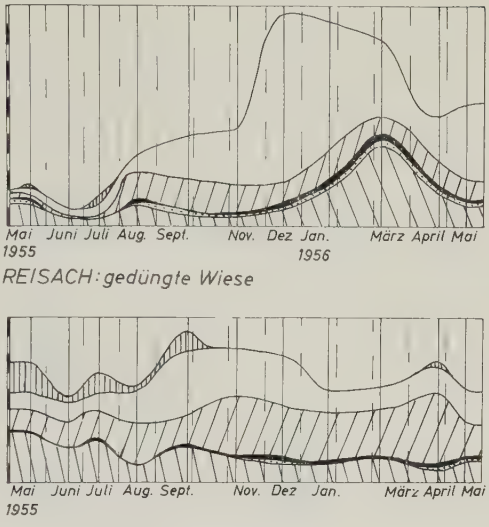


Abb. 17. Jahreszeitliche Verteilung der wichtigsten Gruppen in der gedüngten und ungedüngten Parzelle in Reisach

Die Vertikalverteilung der Populationen in den Versuchswiesen

Die Dynamik der gesamten Lebensvorgänge im Boden ist nicht nur durch die jahreszeitlichen Schwankungen der Individuendichte der Kleinfauna gekennzeichnet, sondern äußert sich außerdem in Vertikalwanderungen innerhalb der besiedelten Bodenschichten. Hier soll zunächst nur ein allgemeiner Überblick über die Tiefenverteilung der Gesamtfauna gegeben werden, während die Vertikalstruktur der verschiedenen Gruppen bei ihrer Einzelbehandlung besprochen wird.

Morris (1920) stellte vier Hauptfaktoren heraus, welche die Tiefenwanderung beeinflussen: 1. das Nahrungsangebot, 2. die Durchlüftung, 3. die Feuchtigkeit und 4. die Temperatur.

Da für alle Schichten der Versuchsflächen ein reichliches Nahrungsangebot nachgewiesen werden konnte, darf der erste Faktor eliminiert werden. Dasselbe gilt für die Feuchtigkeit, die während der meist sehr regenreichen Untersuchungsperiode in genügender Menge vorhanden war. So bleibt neben dem Durchlüftungsfaktor, der auch eine gewisse Bedeutung besitzt, die Temperatur der Hauptreiz für die täglichen und jahreszeitlichen Migrationen der Bodentiere.

Abb. 18 zeigt die Vertikalverteilung der Gesamtfauna, dargestellt aus den gemittelten Werten aller Probeentnahmen der jeweiligen Versuchsflächen. Zwar gibt diese Darstellung noch keinen Aufschluß über Wanderungsbewegungen in den Bodenschichten, sondern stellt zunächst einmal die durchschnittlichen statischen Verhältnisse in den einzelnen Biotopen heraus. Hierbei zeigt sich, daß in der obersten Bodenschicht die größte Populationsdichte in den Reisacher Wiesen erreicht wird. Die mittlere Schicht von 5 bis

10 cm ist von einem knappen Viertel besiedelt. Das Verhältnis von ihr zur tiefsten Schicht ändert sich nur noch wenig. Durch die dichte Lagerung, die schon die Oberflächenschichten der Nymphenburger Rasenstücke auszeichnet, sind hier die Durchlüftungsverhältnisse gegenüber den tieferen Lagen ziemlich einheitlich; daher zeigen diese Rasenflächen schon in der obersten Schicht einen viel dünneren Besatz, wogegen ihre Abnahme nach der Tiefe zu nicht so stark hervortritt. Im Zusammenhang mit der mikroklimatischen Stabilität ist im gut durchwurzelten Waldboden der scharfe Übergang zwischen Besatz der Oberfläche und der tieferen Schichten durch eine noch gut ausgeprägte Individuendichte in der mittleren Lage gemildert. Die angrenzende Wiese nimmt eine Mittelstellung ein: in 10 cm Tiefe noch verhältnismäßig gut besiedelt, sinkt ihr Besatz bis zur untersten Schicht auf den tiefsten Stand aller Probeflächen.

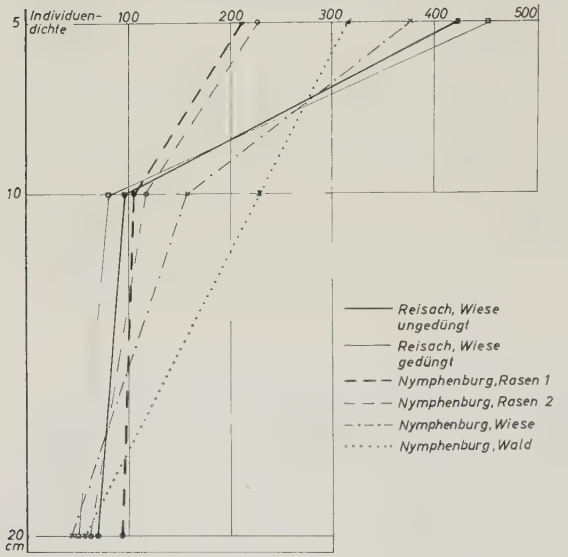


Abb. 18. Vertikalverteilung der Gesamtfauna im Untersuchungsgebiet

Der größte Teil der Bodenorganismen ist demnach in den obersten 10 cm konzentriert, während sich in größerer Tiefe nur noch eine recht schwache Besiedlung findet.

In dieses starre Bild kommt Bewegung, wenn man die Vertikalverteilung durch verschiedene Probeentnahmen verfolgt (Abb. 19). Einen frappant gleichsinnigen Verlauf lassen wiederum die beiden Rasenflächen erkennen. Die Zunahme der Fauna in den tieferen Schichten im Januar und April, in der Versuchsfortsetzung in Rasen 1 noch einmal im September, weist auf eine Tiefenwanderung der Bodentiere zu diesen Jahreszeiten hin. Die Wiese in Nymphenburg bringt im Oktober des 2. Untersuchungsjahres eine deutliche Tiefenwanderung zur Geltung, im Waldboden tritt neben dieser Herbstmigration im Arpil noch eine gewaltige Faunenzusammenballung in der Mittelschicht auf. In Reisach macht sich die Sonderstellung der gedüngten Wiese wieder in dem ausgesprochen hohen Dezemberbesatz der obersten Schichten bemerkbar. Januar und März zeigen in den tiefsten Schichten erhöhte Faunenwerte, doch kann man in den nach der strengen Februarkälte entnommenen Märzproben keine besonders starke Vertikalwanderung erkennen. Eine Verdichtung der Kleintierwelt in der untersten Zone ist auch noch im August zu verzeichnen. Bei der ungedüngten Parzelle begegnet man einer Tiefenzunahme im Mai in der mittleren Schicht, im August in 20 cm Tiefe. Die abwärts gerichtete Bewegung der Bodentierwelt während der Wintermonate setzt schon im November ein und dauert bis über den März hinaus an. Der spärliche Bewuchs

dieser Fläche läßt die im Frühjahr oft noch erheblichen Temperaturschwankungen tiefer in den Boden eindringen und macht so Schutzmaßnahmen der betroffenen Organismen nötig, die sich in einem länger andauernden Aufenthalt in der noch wärmeren Tiefenschicht äußern.

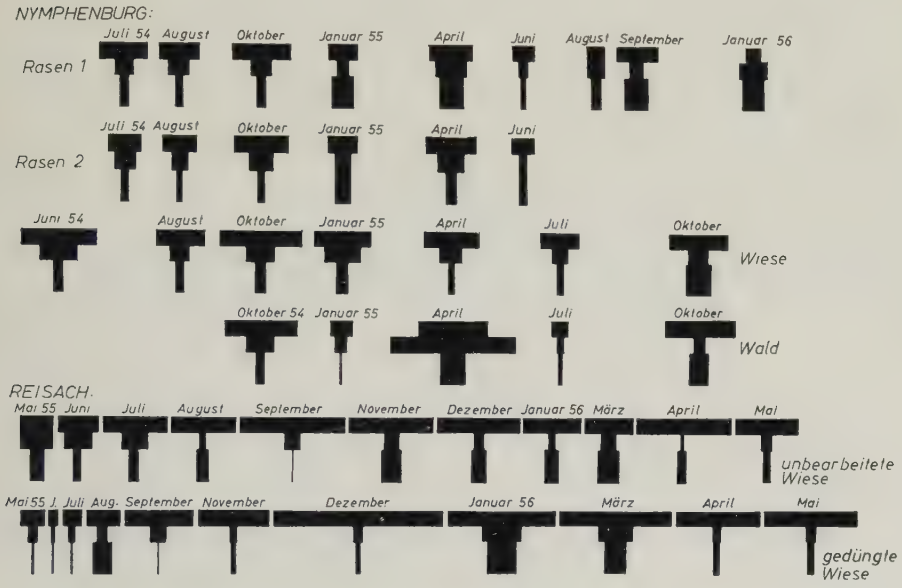


Abb. 19. Jahreszeitliche Tiefenverteilung der Gesamtfauna

Die Vertikalverteilung im täglichen Zyklus, nachgewiesen an einigen Collembolenarten

Man darf annehmen, daß die Tiere, die im *jahreszeitlichen* Rhythmus ihren optimalen Bedingungen nachwandern, auch dem Wechsel der *täglichen* Temperaturwelle im Boden folgen. STRENZKE (1952) hat diese Frage aufgeworfen und glaubte sie auf Grund von Literaturhinweisen und eigenen Beobachtungen bejahen zu können.

In dem Bestreben, das Verhalten der Bodentiere im Tagesgang zu beleuchten, schaltete ich in die Temperaturmeßreihen noch Bodenuntersuchungen ein.

In diesem Falle ging ich von der sonst angewandten Tiefengliederung ab und teilte die Probequadrate in 6 Schichttiefen unter: 0–1 cm, 1–3 cm, 3–5 cm, 5–7 cm, 7–9 cm und 9–12 cm. Diese Tiefe schien mir genügend, um tägliche Wanderungen festzustellen, denn die kurzfristigen Wetterwirkungen auf den Boden werden ja hauptsächlich in den obersten Schichten wirksam. Als Beispiel sei ein wolkenloser, warmer Sommertag aus einer Schönwetterperiode gegriffen (siehe auch Abb. 8 oben), der ergiebige Niederschläge vorangegangen waren, so daß es nicht an Bodenfeuchtigkeit mangelte. Die Proben wurden verschiedenen Stellen entnommen und aus ihnen das Mittel errechnet.

Der Gang der Bodentemperatur dieses Versuchstages isoplethär dargestellt (Abb. 20) läßt deutlich einige Temperaturzentren erkennen. In den frühen Morgenstunden wird an der Oberfläche ein Kältezentrum ausgebildet, das mit zunehmender Tiefe langsam ausklingt. Die erste Probeentnahme wurde morgens um 6 Uhr angesetzt. Die 2. lief um 12 Uhr. Zu dieser Zeit hatte sich in den obersten Schichten bereits ein Wärmekern mit einem Maximum von fast 40° C entwickelt, während die unten gespeicherte Kälte in den mittleren Schichten einen Ausgleich brachte. Die 3. Untersuchung lag zur Zeit der Abnahme der starken Erwärmung etwa um 16 Uhr. Schließlich wurde abends (20 Uhr) die 4. Probe gezogen, als bereits wieder die nächtliche Ausstrahlung die obersten Bodenschichten abzukühlen begann.

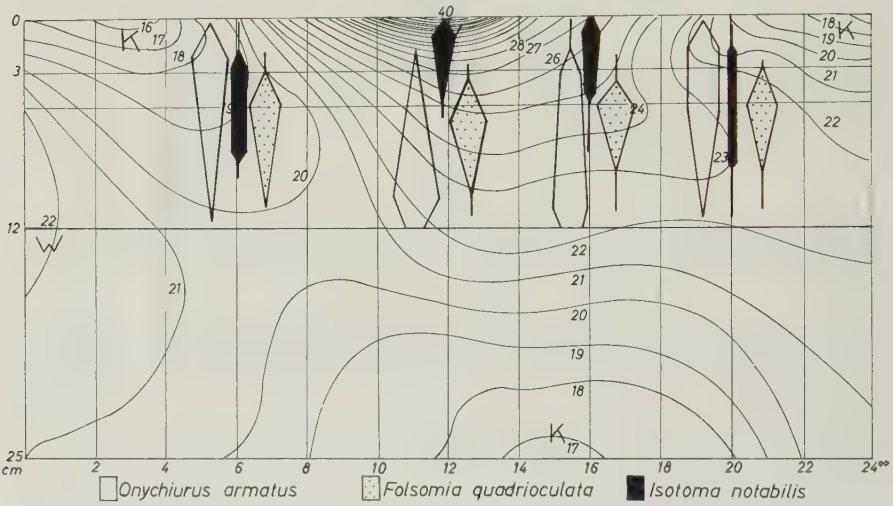


Abb. 20. Täglicher Zyklus der Vertikalwanderung (in Abhängigkeit von der Bodentemperatur) nachgewiesen an drei Collembolenarten

Als Ergebnis dieser Untersuchungen konnte eine Schwankung in der Vertikalverteilung festgestellt werden, die, da alle anderen Faktoren als hinreichend erfüllt vernachlässigt werden können, mit der Wärmebewegung im Boden in Zusammenhang stehen muß.

Ich beschränkte mich bei der Behandlung der täglichen Tiefenwanderung auf die Gruppe der Collembolen, weil ihre Arten infolge ihres überlegenen zahlenmäßigen Vorkommens besonders dazu geeignet sind, diese Variationen leichter erkennen zu lassen. Drei für meine Wiesenböden charakteristische Arten habe ich dabei herausgegriffen:

Der verhältnismäßig niedere Temperaturen bevorzugende *Onychiurus armatus* hat am Morgen seine größte Dichte in der 1–3-cm-Schicht. Während der mittäglichen Erwärmung zeigt er eine ausgeprägte Tiefenwanderung, die sein maximales Vorkommen bis in die Schicht von 9–12 cm verschiebt. Diese Tiefe bleibt zwar noch nachmittags das Optimum, doch setzt hier bereits wieder der Drang nach oben ein. Am Abend werden die Lagen zwischen 2 und 5 cm gleichermaßen bevorzugt.

Eine andere, im Untersuchungsgebiet häufige Art, *Isotoma notabilis*, zeigt gerade entgegengesetzte Reaktion. Ihr Hauptvorkommen verteilt sich bei

der ersten Untersuchung auf die Schichten von 3–7 cm. Mittags wandert sie direkt in den Wärmekern der Oberfläche, flutet am Nachmittag bereits etwas zurück, um gegen 20 Uhr ihre Ausgangsstellung wieder einzunehmen.

Folsomia quadrioculata gehörte ebenfalls zu den regelmäßigen Bewohnern einiger Versuchswiesen. Sie erweist sich am wenigstens empfindlich gegenüber den wechselnden Bodentemperaturen. Aus ihrem Hauptverbreitungsgebiet in etwa 5 cm Tiefe geht sie nur mittags um 12 Uhr eine geringe Spanne tiefer.

VI. Die synökologische Analyse der Fauna

Nach der quantitativen Analyse der Kleintierwelt soll nun aus Raumersparnis nur für die Gruppe der Collembolen eine synökologische Betrachtung gegeben werden, die die Beziehungen der einzelnen Arten zueinander und zu ihrer Umwelt darstellt.

COLLEMBOLA

Den Hauptteil des Tierbestandes in den Versuchsflächen bilden die Collembolen. Mit 60 Arten stehen sie nur wenig hinter den Coleopteren zurück, ein Vergleich mit den Milben muß wegfallen, da diese nicht vollständig bestimmt werden konnten. Für die Collembolen aus Rasen 2 wurden aus Zeitmangel nur Kontrollbestimmungen durchgeführt, sie ergaben jedoch eine weitestgehende Übereinstimmung mit Rasen 1. Auch von den zahlreichen Reisacher Proben blieben einige unberücksichtigt, zumal eine Bereicherung der Artenzahl durch diese Bestimmung nicht mehr zu erwarten war.

Während aber die Arten ziemlich gleichmäßig über das Untersuchungsgebiet verteilt sind – lediglich die gedüngte Parzelle nimmt eine schwache Vorrangstellung ein – variieren die Individuenzahlen in den einzelnen Biotopen stark.

Probefläche	N R1	N R2	N W	N Wa	R Wu	R Wg
Artendichte	21	–	23	26	22	27
Indiv.-Dichte (gemittelter Wert)	88	73	105	269	137	307

Der äußerst schwache Collembolenbesatz der Rasenflächen läßt sich nur in Zusammenhang mit dem geringen Luftporenvolumen dieser Böden erklären (siehe Abb. 1), dagegen der ausgesprochen hohe Wert in der gedüngten Parzelle mit der Düngerwirkung.

Die Behauptung Frenzels, der nach Vergleichen seiner Ergebnisse mit denen von Volz (1934) folgerte, daß die Wiesenböden collembolenärmer sind als der Laubwald, bestätigt sich im allgemeinen auch in meinen Versuchsflächen, nur macht die gedüngte Parzelle wiederum eine Ausnahme.

Den Arten gehören 5 Familien an: den *Poduridae, Onychiuridae, Isotomidae, Entomobryidae* und *Sminthuridae*, unter denen die der *Isotomidae* die bei weitem arten- und individuenreichste ist. Manche Familien, wie die der *Poduridae*, sind weitgehend auf bestimmte Biotope beschränkt, sie feh-

len in den Rasenflächen fast völlig. Bei anderen sind es einzelne Arten, die eine gewisse Biotopgebundenheit aufweisen; am deutlichsten tritt dies bei *Folsomia multiseta* zutage, die ebenfalls die Rasenflächen meidet.

Die jahreszeitlichen Populationsschwankungen

Ford und Glasgow stellten eine Zunahme der Besiedlungsdichte im Winter fest. Ich konnte dazu allerdings keine Analogie finden, wenigstens nicht in den Nymphenburger Böden, die ein klares Frühjahrs- und Herbstmaximum zeigen und im Winter stets mit einem Sinken der Individuendichte reagieren. In Reisach ist dieses Verhältnis in der ungedüngten Parzelle nicht so sehr ausgeprägt, und im gedüngten Teil herrschen durch die Düngerwirkung völlig veränderte Umstände, die ein stetes Ansteigen bis in den Winter hinein bewirken. Ein geregelter Entwicklungszyklus, der die Spitzen im Tierbesatz festlegen könnte, fehlt bei den Collembolen, was auch aus den Beobachtungen Strebels (1932) hervorgeht. Es müssen also abiotische Faktoren verantwortlich sein, die in den hohen Niederschlagsmengen der Frühjahrs- und Herbstmonate, mit gleichzeitig ausgeglichenem Temperaturgang leicht zu ermitteln sind (vgl. Schaller 1950).

Die Populationsschwankungen von *Onychiurus armatus* sind im Waldboden (mit einer Verdichtung im April und Oktober) extrem hoch. In den Wiesen ist der Unterschied lange nicht so ausgeprägt.

Bei *Folsomia quadrioculata* bleibt im Wald nur das Frühjahrsmaximum bestehen, während in der ungedüngten Parzelle in Reisach die herbstliche Verdichtung gewahrt wird. In der gedüngten Parzelle gesellt sich dem hohen Frühjahrsbesatz noch ein Anstieg der Besiedlungsdichte im Januar bei.

Folsomia multiseta wiederholt die ausnehmend hohen Aprilwerte im Waldboden, erreicht aber nicht in diesem Umfang das herbstliche Maximum. Ein Ansteigen vom Januar bis zum Kulminationspunkt im Mai und eine zweite kleinere Spitze im September kennzeichnen das Verhalten dieser Art in der ungedüngten Fläche. Mit der Düngung wurde auch hier wieder der hohe Januarbesatz ausgebildet, der sich langsam zum Sommer hin senkt und im Herbst noch einmal ein Aufleben erfährt.

Isotomina bipunctata zeigt in der Rasenfläche eine ziemlich gleichmäßige Jahresverteilung, die sich nur im Juli etwas senkt. In der Parkwiese sind die niedrigeren Werte über die ganzen Sommermonate verteilt. In der Magerwiese liegt die Spitze im September, das Minimum im Januar. Gerade entgegengesetzte Verhältnisse herrschen im gedüngten Teil, wo nach ausgesprochen hohem Januarbesatz eine rapide Abnahme zum April hin und ein nochmaliges Ansteigen im Mai eintritt, das sich im Sommer wieder stark senkt, um im September ein drittes Mal geringfügig anzusteigen.

Isotoma notabilis hat im Rasen deutlich die Tendenz zur gesteigerten Herbst- und Winterentwicklung: in der Magerwiese langsames Ansteigen vom Winter zum Frühjahr; der Herbstbesatz fehlt. In der gedüngten Parzelle hat auch diese Art wie alle vorhergehenden ihre höchste Dichte im Januar, die im Mai noch einmal schwach aufklingt.

Genau denselben Schwankungen unterliegt in diesem Biotop *Isotomiella minor*. Im ungedüngten Teil tritt sie (mit kleineren Verdichtungen im Januar, Mai und Juli) zurück. Im Wald erscheint sie im April und etwas stärker im Oktober; in den Wiesen des Parkgeländes fehlt sie bis auf ein paar Funde

im April und Juli; in der langhalmigen Fettwiese vermißte ich sie völlig (Abb. 21).

Die Vertikalverteilung der Collembolen im Untersuchungsgebiet

Glasgow (1939) führt hier eine scharfe Trennung durch zwischen Onychiuriden als eigentlich subterranen Tieren und den anderen Collembolen, deren gelegentliches Auftreten in tieferen Schichten er als eine Folge des zufälligen Hineingelangens während der Probeentnahmen erklärt. Eine derartige exakte Trennung bestätigt sich bei meinen Proben nicht. Besonders unter den Isotomiden fand ich einige Formen, deren zahlreiches Vorkommen auch in tieferen Schichten eine zufällige Anwesenheit durchaus nicht rechtfertigt. *Isotomina bipunctata, Isotoma notabilis, Folsomia quadrioculata* und *Folsomia multiseta* liefern dazu gute Beispiele.

Gisin (1943) nimmt eine Schichtengliederung in Isöcien vor und stellt 5 Hauptisöcien auf: Euedaphon, mesophiles, hydrophiles, xerophiles Hemiedaphon und Atmobios. Die von mir untersuchten Wiesenböden sind unvollständige Coenosen mit „Garniturlücken" (Gisin), die sich höchstenfalls in 3 Hauptisöcien gliedern: Euedaphon, mesophiles Hemiedaphon und Atmobios. Diese Einteilung mache ich auch zur Grundlage meiner Tiefengliederung.

1. Das Euedaphon

Dieser Lebensraum wird hauptsächlich, wenn auch nicht ausschließlich, von Vertretern der *Onychiuridae* beherrscht. *Onychiurus armatus* hat, besonders im Waldboden, seine Hauptverbreitung in der mittleren und unteren Schicht. Typisch für diese Lebensform sind auch die Arten der Gattung *Tullbergia,* von denen *T. krausbaueri* und *T. quadrispina* in der tieferen Bodenschicht regelmäßig und häufig zu finden sind.

Gewisse Übergangsformen sind unter den *Isotomidae* ausgebildet. So ziehen *Folsomia quadrioculata* und *F. multiseta* im Wald augenfällig die tieferen Schichten vor, während sie sich im Wiesengelände in der oberen Schicht ansammeln und im Verhältnis dazu die unteren Schichten nur noch sporadisch besiedeln. *Isotomina bipunctata* zeigt zwar ihre größte Massenentfaltung in der Oberflächenschicht, bietet aber nach unten zu immer noch bemerkenswerte Dichten, ja in der Januarprobe der gedüngten Reisacher Parzelle ist sogar das Übergewicht klar auf die 5–10-cm-Schicht verlagert. *Isotoma notabilis* folgt der Tiefenwanderung, die in der Rasenfläche angestrebt wird, in den übrigen Wiesen nicht.

Eine Ausscheidung hat sich auch nach den Versuchen Gisins als unmöglich erwiesen, so daß diese Formen jeweils in den einen oder den anderen Typ einzureihen sind.

2. Das mesophile Hemiedaphon

Zu diesem gehört nach Gisin der Prototyp der Collembolen. Das zeigt sich auch in der Mannigfaltigkeit des Artenspektrums, das die Funde in den Versuchsflächen ergeben. Alle im Untersuchungsgebiet vorkommenden Arten der *Poduridae* und die meisten der *Isotomidae* sind hier anzuführen. Dazu kommen noch Arten aus den Familien *Entomobryidae* und *Sminthuridae: Entomobrya lanuginosa, E. multifasciata, Lepidocyrtus cyaneus, Heteromurus*

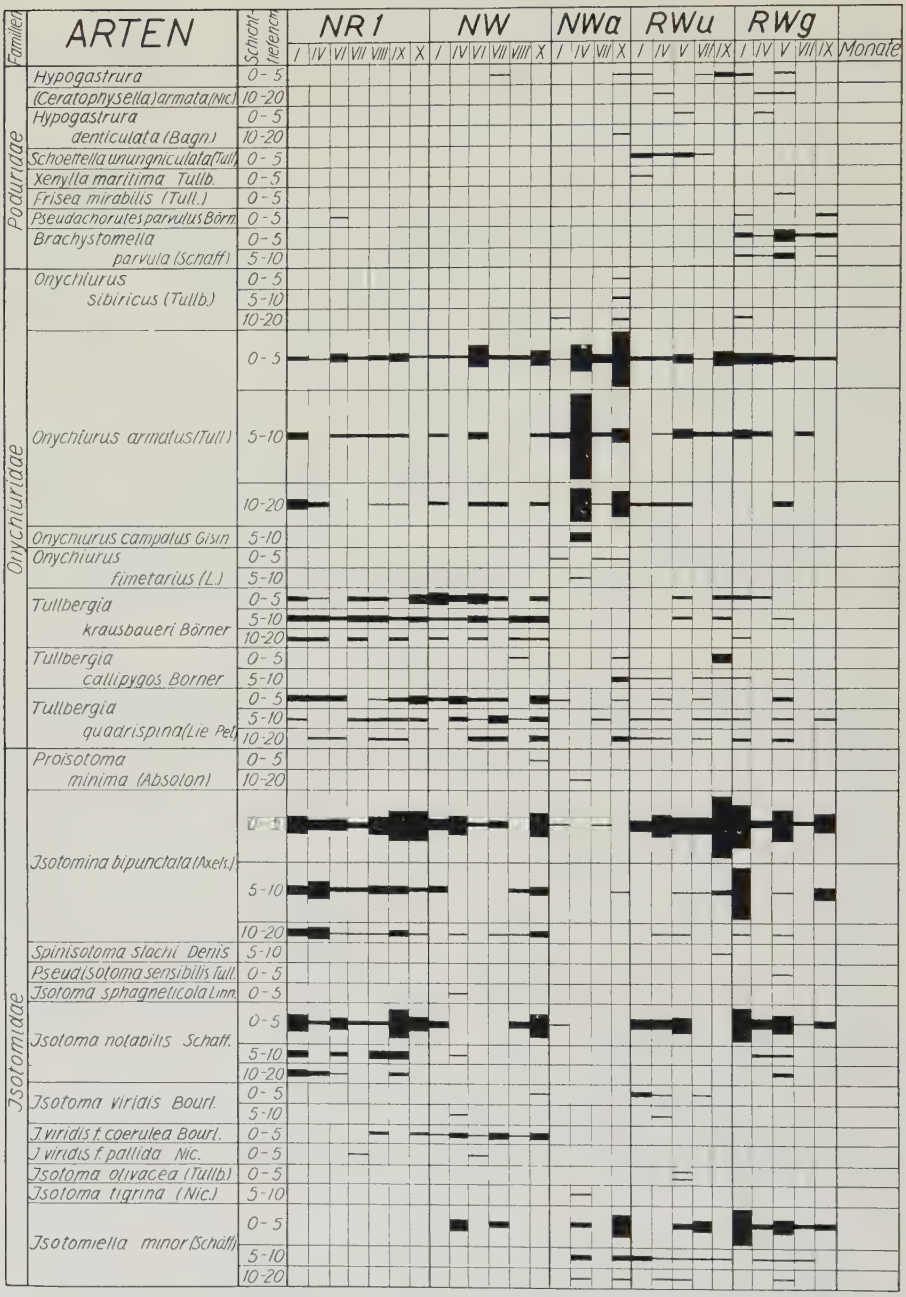


Abb. 21. Jahreszeitliche Tiefenverteilung der Collembolenarten im Untersuchungsgebiet

nitidus, Sminthurinus aureus und *Bourletiella hortensis. Sminthurus viridis* dürfte wohl in dieser Isöcie als ein Zufallsfund zu betrachten sein, denn diese Art ist ein typischer Vertreter des Atmobios.

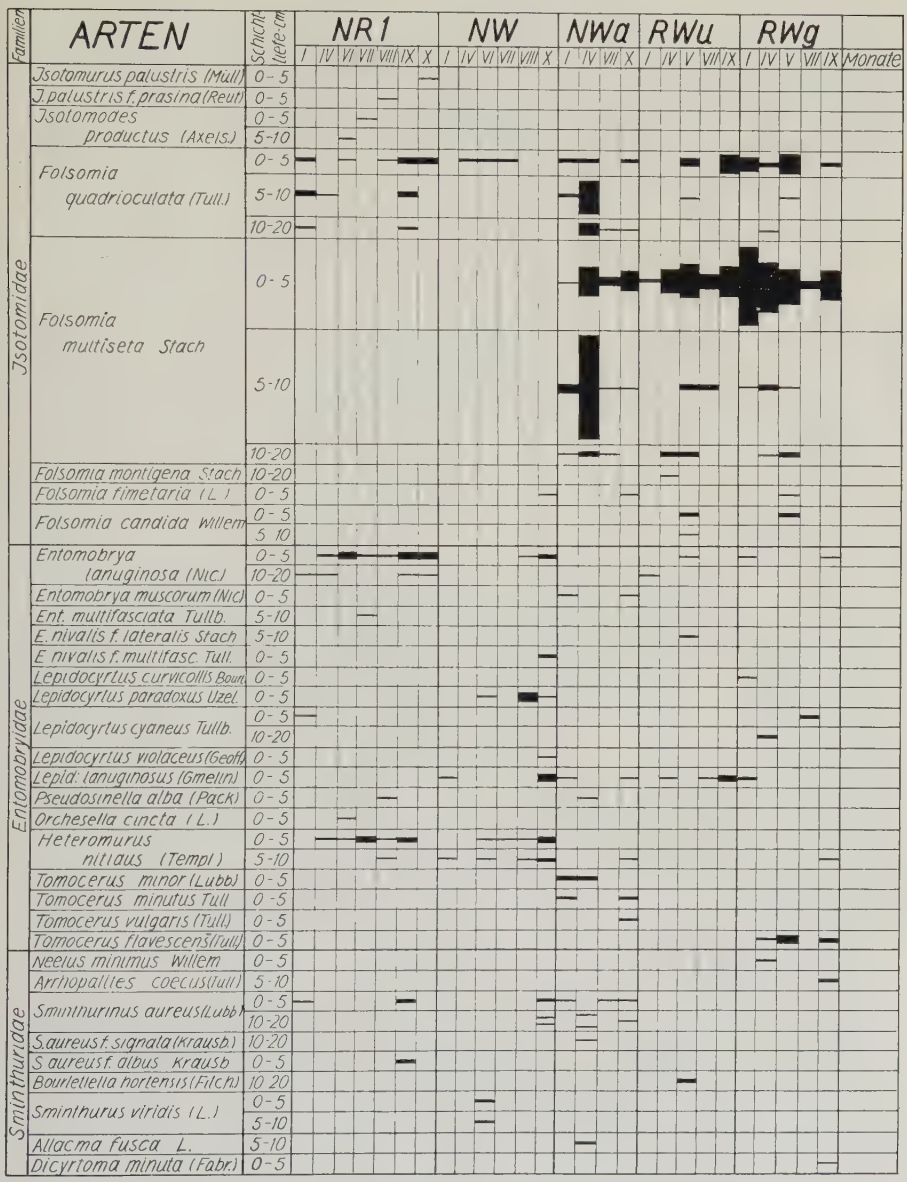


Abb. 21. Jahreszeitliche Tiefenverteilung der Collembolenarten im Untersuchungsgebiet

3. Das Atmobios

Dieser Lebensraum zählt genau genommen nicht mehr zum eigentlichen Untersuchungsbereich, dem Wiesenboden. Trotzdem ist seine Eingliederung an dieser Stelle berechtigt, zumal im Massenwechsel zwischen dem bodennahen Teil der Bedeckung und den obersten Schichten der Förna ein Außerachtlassen der atmobiotischen Fauna im Zusammenhang mit dem Bodenleben nicht angebracht ist.

Diese Isöcie stellt ihre Vertreter ausschließlich aus den Familien der *Entomobryidae* und *Sminthuridae*, die im Versuchsgelände mit mehreren Arten vertreten sind. Eine Übersicht über die Hauptisöcien im Untersuchungsgebiet gibt Abb. 22.

Allein bei einer flüchtigen Auslese ist es möglich, die Tiere dank der morphologischen Angleichung an die Lebensformtypen, einem von ihnen zuzuordnen.

Die Umweltbedingungen für das Collembolenleben im Wiesenboden

Wie schon erwähnt, sind es in der Regel *abiotische* Faktoren, die das Auftreten und die Verteilung der Collembolen in den verschiedenen Biotopen beeinflussen. 3 Faktorenkomplexe schaffen diese Umweltbedingungen, die, bezugnehmend auf die Isöcien, in verschiedener Weise auf den Collembolenbesatz einwirken.

1. Mikroklimatische Faktoren

a. Feuchtigkeit

Vor allem erweisen sich die euedaphischen Formen als wenig trockenresistent, da sie durch die größere Stabilität des Feuchtigkeitsgehaltes in ihrem Lebensraum seltener Extremen ausgesetzt sind. Durch ihre empfindliche Reaktion werden sie daher feine Anzeiger der Feuchtigkeitsschwankungen im Boden. So ist z. B. *Tullbergia quadrispina* nach Gisin „sehr streng gebunden an einen sehr engen Feuchtigkeitsbereich von Wiesen- und Weidenböden".

Die hemiedaphischen Arten jedoch zeigen eine größere Plastizität. Feuchtigkeitsoptimum und Resistenz ändern sich für eine Art mit dem Standort, an dem sie auftritt. Genaue Untersuchungen dazu hat Agrell (1941) angestellt. Der lebenshemmende Einfluß der Trockenheit ist in den Wiesenböden durch die dichte Pflanzendecke stark gemildert (siehe S. 13) und wirkt sich eher in quantitativer als in qualitativer Beziehung aus.

Wenngleich der Austrocknungsfaktor in den Versuchsjahren kaum wirksam war, nachdem häufige und ergiebige Niederschläge für ein stets reichliches Feuchtigkeitsangebot sorgten, so ließen doch manche Arten wie *Onychiurus armatus, Folsomia quadrioculata, Folsomia multiseta* und besonders auch *Isotomina bipunctata*, um einige der häufigsten herauszugreifen, deutliche sommerliche Minima erkennen, die besonders prägnant im Waldboden und den Reisacher Wiesen hervortraten. Als trockenresistent betrachte ich *Schoettella ununguiculata*, die ausschließlich das Mesobrometum, sogar während des Sommers, besiedelt, ebenso *Isotomodes productus* und noch einige Bewohner des Atmobios, *Bourletiella hortensis* in der Magerwiese und *Sminthurus viridis* in der Sommerprobe der Rasenfläche.

b. Temperatur

Unter den Milieufaktoren ist neben der Feuchtigkeit auch die Temperatur bedeutungsvoll. Oft wird ihr, gerade im Wiesenboden, zu wenig Beachtung geschenkt. Doch genaue Messungen (siehe Abschnitt Klima) beweisen, daß selbst unter der Grasnarbe, vor allem in der dicht besiedelten Oberflächenschicht, die Temperaturschwankungen noch sehr ausgeprägt sein können.

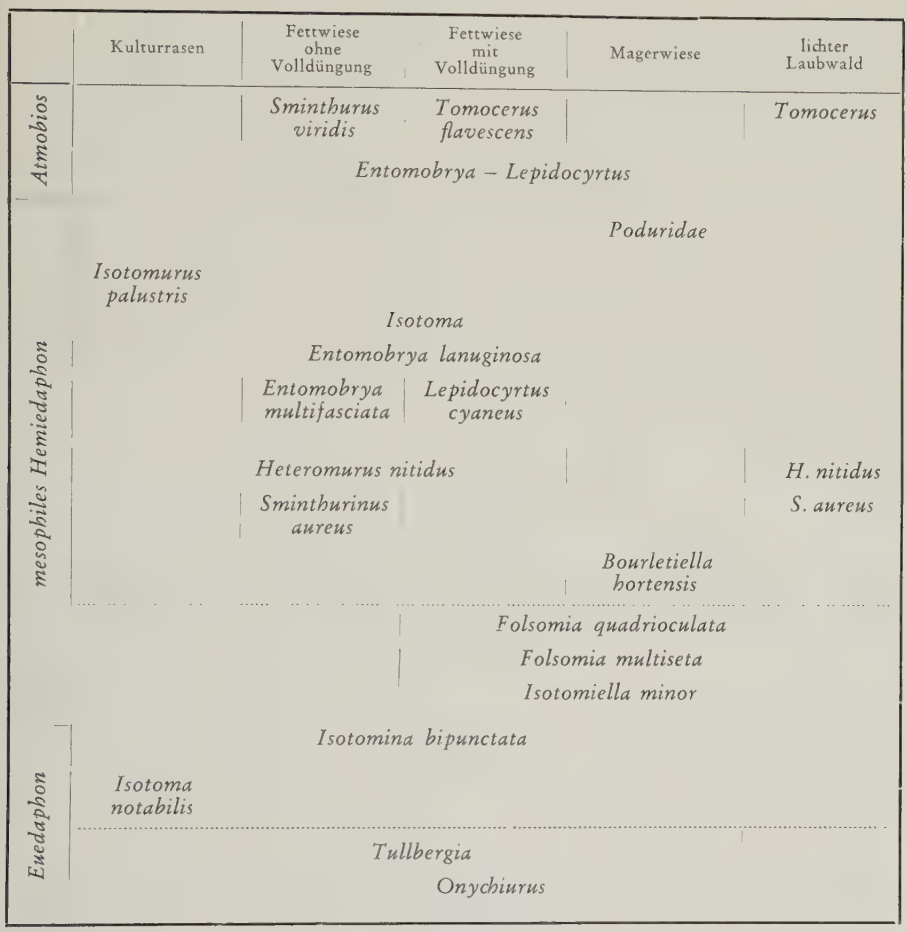


Abb. 22. Die Hauptisöcien der Versuchsflächen

Eine Änderung des Temperaturoptimums mit dem Herannahen des Winters wurde durch die Präferendaversuche AGRELLS nicht nachgewiesen. Nach seinen Versuchen sind die hemiedaphischen Formen weitgehend eurytherm. Auch bei vorliegenden Untersuchungen erwiesen sich wieder die Bewohner des Euedaphons am empfindlichsten gegen Temperaturschwankungen. Sie zeigten ein sehr niedriges Temperaturoptimum. In den Versuchsflächen treten daher auch die Onychiurusarten in der Winterprobe stark zurück, selbst in der gedüngten Reisacher Parzelle, in der die anderen Arten gerade im Januar ein Massenauftreten zeigen.

Wie empfindlich Collembolen auf Temperaturänderungen reagieren, zeigt auch der tägliche Rhythmus der Vertikalwanderung (vgl. S. 27 ff.).

2. Edaphische Faktoren

a. Bodenzustand

Die große Abhängigkeit der Collembolendichte vom Porenvolumen des Bodens und die damit gegebene Raumkonkurrenz mit den ebenfalls dort

lebenden Milben wurden bereits in Text und Darstellung (S. 6 ff.) ausführlich behandelt.

b. Bodenacidität

Gisin (1943) erkennt ihr keine direkte Einwirkung zu, betont aber, daß die Wasserstoffionenkonzentration als Zustandsindikator des Bodens sicher auch in den Nahrungsansprüchen einiger Collembolen bemerkbar wird; er erinnert dabei an die Erdnahrung der Springschwänze. Von einer direkten Bindung an einen bestimmten Säuregehalt kann also nicht die Rede sein, es lassen sich höchstens acidiphile und basiphile Formen unterscheiden, die eine gewisse Neigung für einen bestimmten Säuregrad bekunden. Die nur wenig differenzierten pH-Werte meiner Versuchsflächen (siehe Abb. 2) zeigen in dieser Hinsicht keine Beeinflussung der Collembolenfauna.

c. Nahrung

Die Art der Nahrung scheint für die Collembolen keinen Selektionswert zu besitzen. Gisin (1947) bezeichnet als die natürliche Nahrung mehr oder weniger zersetzte pflanzliche Stoffe und Pilzhyphen. Verschiedene Ansprüche ergeben sich allerdings hinsichtlich des Zersetzungsgrades der Nährsubstanz. Die Mehrheit der Collembolen kann nur Nahrung verwerten, die schon ein wenig verrottet ist, einige atmobiotisch lebende Arten dagegen, im Versuchsgelände Bourletiella und Tomocerus, ernähren sich auch von frischen Pflanzenteilen. Vor allem findet man Collembolen in der Rolle der Zweitzersetzer, wie Dunger (1956) am Abbau von Diplopoden- und Isopodenexkrementen durch Collembolen nachweisen konnte.

Von größerer Bedeutung für die zahlreiche Collembolenfauna ist das Nahrungsangebot. In meinen Versuchsflächen kommt Nahrungsmangel als Auslesefaktor nicht in Frage, alle Böden sind reich an verrottender organischer Substanz, außerdem werden mit dem Bestandesabfall stets neue Nahrungsquellen erschlossen. Trotzdem zeigt das Beispiel der gedüngten Reisacher Parzelle, wie ein durch üppigeres Pflanzenwachstum vermehrter Bestandesabfall auch eine Massenentwicklung der Collembolen nach sich führt.

3. Anthropogene Faktoren

Für die Versuchswiesen kommt dabei nur die Düngung in Betracht. So wurden durch Volldüngung mit „Wichtel" auf benachbarten Flächen unterschiedliche Verhältnisse geschaffen.

Gisin stellt 2 Gruppen auf: Collembolen, die nur in gedüngten Wiesen vorkommen, wie *Brachystomella parvula, Isotoma viridis, Lepidocyrtus cyaneus* und Collembolen, die ausschließlich ungedüngte Wiesen bevölkern *(Pseudachorutes falteronensis* und *Folsomia litsteri).*

Die eigenen Ergebnisse über die Wirkung der „Wichtel"-Volldüngung sind im Abschnitt „Düngung und Bodenleben" herausgearbeitet. Sie stimmen weitgehend mit der Gisinschen Aufstellung überein, lediglich *Isotoma viridis* kann im Versuchsgelände nicht als Düngerfolgerin bezeichnet werden, und an Stelle des als Art ungedüngter Wiesen geltenden *Pseudachorutes falteronensis* tritt *Schoettella ununguiculata.*

Die Collembolengesellschaften südbayerischer Wiesenböden

Durch das Zusammenwirken der Umweltfaktoren werden Bedingungen geschaffen, die sich in dem Zusammenschluß verschiedener Arten zu Lebensgemeinschaften äußern. Gisin hat für diese Lebensgemeinschaften den Begriff der Synusie geprägt.

In der Collembolenfauna des Versuchsgeländes lassen sich 4 Synusien unterscheiden: die des Waldes und die der verschiedenen Wiesen.

In der Darstellung folge ich Gisin (1943) und Strenzke (1952):

Abundanz (A): Individuen pro Probe (Mittelwert)			Frequenz (F): in % der Proben	
1 — 2	vereinzelt	1	sehr selten	1 — 20
2 — 6	spärlich	2	selten	20 — 40
6 — 20	wenig zahlreich	3	oft	40 — 60
20 — 50	zahlreich	4	meist	60 — 80
50 — 200	vorherrschend	5	stets	80 — 100

Innerhalb der Synusien unterscheide ich noch 3 Artengruppen:

a. Charakterarten, die eine klare Bevorzugung dieses Vereins erkennen lassen;
b. Indifferente Arten, die ebenso häufig in anderen Synusien auftreten;
c. Differentialarten, die nur in dieser Synusie gefunden wurden.

A. Die Onychiurus armatus-Tomocerus-Synusie des lichten Laubwaldes

		A	F
a.	*Onychiurus armatus*	5	5
	Folsomia quadrioculata	4	5
b.	*Folsomia multiseta*	5	5
	Isotomiella minor	4	2
c.	*Onychiurus fimetarius*	1	5
	Onychiurus sibiricus	3	3
	Onychiurus campatus	3	1
	Entomobrya muscorum	1	2
	Tomocerus minor	1	2
	Tomocerus minutus	1	2
	Tomocerus vulgaris	1	1
	Allacma fusca	2	1

Die Bezeichnung der Synusie wählte ich auf Grund der überraschenden Häufigkeit von *Onychiurus armatus* und der Vereinigung fast aller im Versuchsgelände auftretenden *Tomocerus*-Arten in diesem Biotop, die ja im allgemeinen als Waldformen gelten. Statt *Onychiurus armatus* ließe sich auch kurz *Onychiurus* vertreten, da die anderen Arten dieser Gattung ebenfalls mit einer Ausnahme ausschließlich diesen Lebensraum gewählt haben. Ein weiteres Charakteristikum dieses Vereins ist das starke Zurücktreten der *Tullbergia*-Arten, unter denen *Tullbergia krausbaueri* völlig fehlt. Auch die

niedrige Abundanz und Frequenz von *Isotomina bipunctata* kennzeichnen diese Artenverbindung. Die Lebensstätte dieser Synusie ist ein bis in die untersten Schichten gut durchlüfteter, mäßig feuchter Boden mit pH-Werten im basischen Bereich und dünner Fallaubauflage.

B. Die Tullbergia krausbaueri-quadrispina-Synusie der Parkwiesen

	A	F
a. *Tullbergia krausbaueri*	3	5
Tullbergia quadrispina	3	5

Die beiden Arten sind zwar auch im Reisacher Gelände zu finden, erreichen aber dort sowohl in Abundanz als auch in Frequenz nicht die durch die Nymphenburger Proben ermittelten Werte. Besonders charakterisiert *Tullbergia quadrispina* – nach GISIN an einen sehr engen Feuchtigkeitsbereich gebunden – durch ihre hohe Frequenz den Lebensformtyp. Das völlige Fehlen von *Folsomia multiseta* im Vergleich zu den Reisacher Wiesen, ist ein auffallendes Merkmal dieser Synusie.

Die unterschiedliche Zusammensetzung der Artgemeinschaft von Wiese und Rasen erfordert eine Aufspaltung in 2 Varianten:

1. Die *Entomobrya lanuginosa* – Variante des Kulturrasens

	A	F
a. *Entomobrya lanuginosa*	2	5
b. *Isotomina bipunctata*	4	5
Isotoma notabilis	4	5
Onychiurus armatus	3	4
Folsomia quadrioculata	3	4
c. *Entomobrya multifasciata*	1	1
Isotomodes productus	1	1
Isotomurus palustris	1	1
Orchesella cincta	1	1
Sminthurinus aureus var. albus	1	1

Für die Artengruppe dieser Synusie ist als weiteres charakteristisches Merkmal noch das Fehlen der in den übrigen Wiesen mehr oder weniger stark vertretenen *Isotomiella minor* beizufügen. Der humose Boden dieses stets kurz geschorenen Fettrasens zeigt schwach basische Reaktion. In dem Collembolenverein sind noch die allgemein geringen Abundanzzahlen zu erwähnen, die als eine Folge des niedrigen Porenvolumens zu werten sind.

2. Die *Isotoma viridis f. coerulea* – Variante der langhalmigen Parkwiese

	A	F
a. *Isotoma viridis f. coerulea*	2	5
b. *Onychiurus armatus*	3	5
Isotomina bipunctata	3	5
Isotoma notabilis	3	4

	Heteromurus nitidus	2	4
	Isotomiella minor	2	2
c.	*Lepidocyrtus paradoxus*	2	3
	Entomobrya nivalis f. multifasciata	1	1
	Lepidocyrtus violaceus	1	1
	Sminthurus viridis	1	1

Bei dieser mäßig feuchten, ungedüngten Fettwiese reagiert der Boden ebenfalls schwach basisch. Wie in der *Entomobrya lanuginosa-Variante* macht sich hier ebenfalls das vollständige Fehlen von *Folsomia multiseta* bemerkbar. Die Nominatart wird auch von GISIN als Charakterart der Fettwiesen bezeichnet, im Gegensatz zu BOCKEMÜHL (1956), der sie als bemerkenswerten Fund aus dem Mesobrometum meldet. *Lepidocyrtus paradoxus*, der in der Literatur stets als vereinzelt geführt wird, wäre bei ungemittelten Abundanzwerten in der Augustprobe sogar unter das Prädikat „wenig zahlreich" zu stellen.

C. die Schoettella ununguiculata-Synusie der Magerwiese

		A	F
a.	*Tullbergia callipygos*	2	4
	Isotoma viridis f. typ.	2	3
b.	*Folsomia multiseta*	4	5
	Isotomina bipunctata	4	5
	Onychiurus armatus	3	5
	Isotomiella minor	3	5
	Isotoma notabilis	4	3
	Folsomia quadrioculata	4	2
c.	*Schoettella ununguiculata*	2	4
	Isotoma olivacea	3	1
	Xenylla maritima	1	1
	Entomobrya nivalis f. lateralis	1	1
	Bourletiella hortensis	1	1

Die dürftige Grasnarbe des Mesobrometums läßt Witterungseinflüsse wirksamer werden als in den anderen üppig bestandenen Wiesen. Diese Bedingungen scheinen der von SCHUBERT (1933) als „petro- und xerophil" beschriebenen *Schoettella ununguiculata* zu entsprechen, denn ich fand diese Art in diesem verhältnismäßig trockenen und schon in geringer Tiefe sehr steinigen Gelände in größerer Anzahl. *Bourletiella hortensis* traf GISIN ebenfalls auf einer trockenen Weide an. *Isotoma viridis* paßt nicht recht in diese Synusie, sie wird von GISIN als Charakterart der Fettwiesen gemeldet. Ich habe sie trotzdem in diese Artengruppe gestellt, weil sie tasächlich an diesen Lebensraum am stärksten gebunden scheint. Als ausgesprochen xerophile Art gilt auch *Xenylla maritima*, bei deren Verbreitung nach GISIN ihre Trockenheitspräferenz ausschlaggebend ist. *Tullbergia callipygos* tritt nach GISIN zwar mehr in Wäldern auf, doch überall dort, wo „die ersten Anzeichen einer Bodenversauerung sich geltend machen". Der trockene Boden des Mesobro-

metums zeigt im Untersuchungsgebiet als einziger Biotop schwach sauren Charakter.

D. Die Brachystomella parvula-Synusie der gedüngten Fettwiese

		A	F
a.	*Isotomiella minor*	4	5
	Lepidocyrtus cyaneus	1	2
b.	*Folsomia multiseta*	5	5
	Isotomina bipunctata	5	5
	Isotoma notabilis	4	5
	Onychiurus armatus	3	5
	Folsomia quadrioculata	4	4
c.	*Brachystomella parvula*	3	5
	Tomocerus flavescens	2	3
	Arrhopalites coecus	1	1
	Frisea mirabilis	1	1

Durch die Düngung wurden in diesem Boden Bedingungen geschaffen, die nicht nur ein allgemeines Aufleben des Collembolenbesatzes förderten, sondern auch den Ansprüchen mancher Arten zustatten kamen. *Brachystomella parvula* ist eine solche Düngefolgerin, eine Charakterart der Fettwiesen, wie sie Gisin nennt, der außerdem ihre Beschränkung auf gedüngte Wiesen betont. Sie gibt dieser Synusie den Namen, denn ich habe sie sehr frequent nur in der gedüngten Parzelle gefunden. Ebenfalls als Charakterart der Fettwiesen wäre *Lepidocyrtus cyaneus* zu bezeichnen. *Tomocerus flavescens*, in der Literatur als Bewohner der Waldstreu genannt, wurde von mir jedoch gerade in diesem Lebensformkreis so oft gefunden, so daß ich glaube, ihre Einordnung in die Synusie vertreten zu können. Der Verein zeichnet sich wie auch die *Schoettella ununguiculata*-Synusie, durch das verhältnismäßig geringe Vorkommen der Tullbergien aus.

Die bodenbiologische Bedeutung der Collembolen im Untersuchungsgebiet ist zweifellos erheblich, was allein schon durch ihr zeitweises Massenauftreten gegeben ist. Zwar haben die kleinen, zarten Organismen auf die mechanische Bearbeitung des Bodens keinen Einfluß, um so größer ist dafür ihre humusbildende Tätigkeit. Wie schon beim Nahrungsfaktor erwähnt, verarbeiten fast alle im Versuchsgelände vorkommenden Collembolenarten bereits verrottende Substanz oder, in die Rolle der Zweitzersetzer gedrängt, die Exkremente größerer Tiere.

Der von Franz als eine der bodenbiologisch wichtigsten Collembolen bezeichneten *Hypogastrura armata* kommt im Untersuchungsgebiet, infolge ihrer ausgesprochen niederen Abundanz, diese Stellung nicht zu. Dagegen werden die mit großen Individuenzahlen vertretenen Arten *Onychiurus armatus, Folsomia quadrioculata,* die Tullbergien und *Isotoma notabilis,* von denen die beiden letztgenannten Arten eine besondere Bedeutung für das Grünland erlangen, auch von Franz als namhaft an der Bodenbildung beteiligt angesehen. Die Tätigkeit als Humusproduzenten hält er bei *Folsomia multiseta* und *Isotomina bipunctata* ihrer Seltenheit wegen für beschränkt. Mit der enormen Entwicklung gerade dieser beiden Arten dürften sie aber in den Versuchswiesen ebenfalls einen wesentlichen Beitrag zur

Bodenbildung liefern. Die Bodenfruchtbarkeit kann durch eine reiche Collembolenentfaltung gesteigert werden.

VII. Düngung und Bodenleben

„Gerade die Düngung ist bei Kulturböden die Maßnahme, welche nicht nur den statischen Bodenzustand, sondern auch die ganze Bodendynamik und seine biologische Aktivität besonders stark beeinflußt", schreibt SCHAFFER (1954).

Auch für die Wiesenböden hat dieser Satz Gültigkeit. Nur mit genügender Düngung können entsprechend hohe Erträge erreicht und über ein üppigeres Pflanzenwachstum auch der Kleintierwelt neue Nahrungsquellen erschlossen werden. Ungedüngte Wiesen verarmen an Kali und Phosphorsäure, ihnen fehlen größtenteils die Untergräser und die kalkliebenden Kleearten.

Zur Überprüfung der Wirkung verschiedener Düngungsverfahren wurden Versuche mit Kompost- und „Wichtel"-Düngung in die Untersuchung der Wiesenböden eingeschaltet und ihre Wirkung auf Pflanzenbestand, Ertragsfähigkeit und vor allem Faunenbesatz ermittelt.

Die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet vor der Düngung

Die Wiesen in Reisach liegen – wie schon erwähnt – seit 50 Jahren nahezu völlig unbearbeitet. Manchmal wurde das Heu abgeerntet, doch nie in irgendeiner Weise für die Zufuhr von Nahrungssubstanz gesorgt. Der Boden zeigt sich daher sehr verarmt an Nahrungsstoffen und ist weiterhin durch Wasserentzug gekennzeichnet. Ein Anzeiger für diesen Zustand ist das starke Vorherrschen der aufrechten Trespe. Zwischen zahlreichen Lücken stellen, neben wenigen Kräutern und noch spärlicherem Leguminosenbestand, den weitaus größten Anteil die weniger wertvollen Gräser. Diese Gräser wachsen langsam, werden hart und lassen einen zweiten Schnitt kaum mehr zu. Die Erträge solcher „Narben" belaufen sich auf 7–20 dz/ha. 10 dz/ha, in einmaligem Schnitt eingeholt, wurden für das untersuchte Gebiet geschätzt. Schon eine geringfügige Zufuhr an Nährstoffen – es wurden überschirmte Stellen beobachtet, an denen Laubabfall mehr Zersetzungsmaterial liefert – sichert höhere Erträge. Die Aufbringung eines Düngemittels soll künftig die biologische Tätigkeit des Bodens beleben.

Bei den Kulturwiesen in Nymphenburg darf die Kaliversorgung ohne Düngung bei allen Versuchsflächen als unzureichend angesehen werden; im Boden des Waldes und der angrenzenden Wiese wiederum ist die P_2O_5-Versorgung zu gering; in der Wiese liegt außerdem, trotz der Thomasphosphatgaben, der Kalkgehalt viel zu niedrig.

Düngungsmaßnahmen

In Reisach wurde das Untersuchungsgebiet in Parzellen zu je 1000 qm aufgeteilt und jede dieser Teilflächen verschieden behandelt. Während eine Parzelle weiterhin unbearbeitet blieb, wurden die anderen Flächen mit „Wichtel", Nitrophoska und Kompost gedüngt.

Am 18. April 1955 wurden auf einer der Versuchsparzellen in Reisach 75 kg „Wichtel"-Volldünger verteilt. Bei diesem Dünger sind die Mineralstoffe an verschiedenartige Humusbestandteile gebunden und werden nach und nach für die Pflanzen freigemacht, wodurch eine gewisse Depotwirkung gewährleistet ist. „Wichtel"-Dünger enthalten neben den wichtigsten Nährstoffen auch alle nötigen Spurenelemente, Reservehumus und als neuen Bestandteil Ca-N-Humat *„Spengler"*. Die Ernährung und Vermehrung der Bodenorganismen wird durch solche stickstoffhaltigen Verbindungen wie kaum von anderen gefördert.

In Nymphenburg wurde eine der Rasenflächen am 27. 5. 55 und ein 2. Mal am 12. 9. 55 zur Hälfte mit einer dünnen Lage Kompost gedüngt.

Ein weiterer Weg, dem Boden neue Nährstoffe zuzuführen, ist die Gründüngung. Auch hierzu liefen in Reisach einige Versuche. Es erfolgte eine Gliederung der einzelnen Parzellen in 3 Teile, die verschieden oft gemäht wurden (siehe Schema). Auf den gedüngten Flächen wird das Pflanzenwachstum durch die Zufuhr der benötigten Nährstoffe angeregt; das erste Gras gedeiht rasch, es ist noch eiweißreich und weich und rottet, wenn es nach der Mahd liegenbleibt, schnell weg. Das zweite Gras wächst langsamer und wird härter. Um daraus für den Boden noch Nährstoffe freimachen zu können, müßte es eingeackert werden. Bleibt dieses lange, harte Gras nach dem Schnitt auf der Wiese liegen, so verrottet es nur schwer und dient als Mäuseunterschlupf. Häufig konnte ich Mäusegeniste in den wenig gemähten Teilen der Parzellen feststellen. Am günstigsten erweisen sich 3 Schnitte (wobei das erste Gras als Zersetzungsmaterial liegenbleibt) in Verbindung mit einer leichten Kalidüngung, die das Kleewachstum anregt.

		25. 5.	1. Mahd
	8.	6.	2. Mahd
	7. 7.		3. Mahd
		12. 8.	4. Mahd

Die Auswirkung der Düngung auf Pflanzenbestand und Ertrag

Jessen (1950) hat in seiner Arbeit aufgezeigt, daß auf Wiesenböden nicht nur Handelsdünger, sondern auch bereits Kompost, Stallmist und Jauche schöne Erfolge zeitigen. Stallmistdünger unterdrückt das Wachstum der Gräser zugunsten der Kleearten, und bei Kompostgaben wächst der Ertrag an Heu und die eiweißhaltige Pflanzensubstanz. Der begonnene Abbau der organischen Substanz im Kompost setzt sich nach seiner Aufbereitung im Boden fort. Kompost ist ein schnellwirkender Dünger und besonders für Wiesen geeignet. Er ist aber in erster Linie ein Humusdünger, dem die dem Boden fehlenden Nährsalze noch in Form von Handelsdüngemitteln beizumengen sind; dies ist nach Scheffer (1941) bei der Kompostdüngung zu berücksichtigen.

Auf der Rasenfläche in Nymphenburg konnte eine deutliche Verschiebung der Bewuchszunahme zugunsten der Kompostdüngung nicht festgestellt werden. Der Grund mag neben den mengenmäßig etwas schwachen Kompostgaben darin zu suchen sein, daß außer der Kaliversorgung der Boden mit den nötigen Nährstoffen genügend angereichert ist und somit eine orga-

nische Düngung keine augenscheinliche Wirkung hervorruft. Im Hinblick auf die Erhaltung des guten Bodenzustandes jedoch hat diese Düngung ohne Zweifel keine geringe Bedeutung.

Die Unterschiede der gedüngten und ungedüngten Parzelle in Reisach liegen dagegen klar auf der Hand. Der völlig verarmte Boden konnte wesentlich verbessert, und der Ertrag, auch durch häufigeren Schnitt begünstigt, noch gesteigert werden.

Wie aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich ist, werden die Lücken mit Zunahme der Schnittzahl immer weiter zurückgedrängt. Auch die Gräser nehmen zugunsten der Leguminosen und Kräuter ab. Nach der 4. Mahd haben die wertvollen Kleearten um das Sechsfache zugenommen. Der Ertrag hat sich um 20 dz/ha erhöht.

Parzelle	„Wichtel"			ungedüngt
Schnittzahl	4	2	1	1
Lücken %	schwach	35	50	60
Gräser	40	60	70	85
Leguminosen	30	5	8	5
Kräuter	30	35	22	10
Ertrag dz/ha	5	10	15	10
		= 30		

Die Auswirkung der Düngung auf den Tierbesatz

Den Einfluß der Düngung auf die Gesamtindividuenzahl geben die beiden Diagramme in Abb. 12 und 14 wieder.

Versuch Kompostdüngung

Im gedüngten Teil ließ sich zwar eine gewisse Zunahme der Besatzdichte erkennen, doch sind die Unterschiede gering. Am ausgeprägtesten war die Differenz 2–3 Wochen nach der Düngung. Das ist durchaus zu verstehen, wenn man sich vor Augen hält, daß sich die mit dem Kompost dem Boden zugeführten Tiere dort kaum noch vermehren. Die meisten sterben bald ab und werden von den Pflanzen als Stickstoffquellen genutzt (Lorch 1954). So klingt der höhere Besatzwert, der in der ersten Probeentnahme nach der Düngung noch ermittelt wurde, bald wieder ab. Immerhin bleibt die Faunendichte in kleinem Abstand über derjenigen der ungedüngten Fläche, doch nicht in dem Maße, daß man diese Düngung als ausgesprochen förderlich für die Tierwelt ansprechen könnte. Die Kompostgaben scheinen zu gering, um eine Möglichkeit zu geben, durch erhöhtes Pflanzenangebot die Zahl der Kleinlebewesen merklich zu steigern.

Versuch „Wichtel"-Düngung

Hier ist der Unterschied zwischen gedüngter und ungedüngter Fläche beachtlich. Besonders auffallend erschien die anfänglich rapide Abnahme der Individuendichte nach der Düngung. Im Juni – 2 Monate nach der Düngung – ist der Besatz mit knapp 100 Individuen nahezu erloschen. Nach diesem Tiefstand setzt die Erholung ein, zuerst zögernd, dann sprungartig

im August und September bis zu einer durchaus normalen Zahl von etwa 500 Tieren pro Probe. Während der Herbstmonate wurde dieser Stand gehalten. Der inzwischen durch den gesteigerten Pflanzenwuchs erhöhte Bestandesabfall wurde während der Wintermonate wirksam. Mit einer Besatzdichte von über 1100 Individuen konnte in der Dezemberprobe die Besiedlung der ungedüngten Parzelle, in der sich zu dieser Zeit eine Abnahme der Fauna anbahnte, weit überflügelt werden. Den ganzen Winter über behauptete sich diese außerordentlich hohe Individuendichte. Mit der eintretenden Schneeschmelze und den Frühjahrsregen wurde der Boden stärker ausgewaschen und die Wirkung der Düngung allmählich abgeschwächt. Die Besatzdichte glich sich wieder der des ungedüngten Teils an.

In der ungewöhnlichen Abnahme sehe ich eine gewisse Schockwirkung. Anfangs wurde die Faunendichte durch das eingebrachte Düngemittel stark dezimiert, und die Tiere gelangten erst nach einer bestimmten Anlaufzeit, sicher auch hier sekundär über die gesteigerte Pflanzenentwicklung, wieder zur Ansiedlung. Nachdem aber dieser kritische Punkt überwunden war, konnten sich die Bodenorganismen geradezu optimal entfalten.

Durch weitere Versuche müßte festgestellt werden, ob diese Wirkung in unserem Falle nur durch den zu lange vernachlässigten Bodenzustand verstärkt wurde, weitere „Wichtel"-Gaben zu einer Stabilisierung der Individuendichte führen und ein optimales Besatzniveau schaffen könnten oder ob jede weitere Düngung sich in einer gleichen Schwankungsbreite äußern würde.

Die Auswirkung der Düngung auf den Tierbesatz ist als Folge eines üppigeren Bestandes zu erklären. Durch die Düngung werden der Pflanze die nötigen Aufbaustoffe gegeben. Das führt zur Bildung größerer Wurzelmassen, die den Bodentieren neue Futterquellen erschließen. In diesen Komplex der bodenbiologischen Vorgänge greift auch noch die Pilzbildung ein, denn von vielen Bodentieren (namentlich Collembolen) werden nicht nur verrottende Pflanzenteile, sondern auch Pilzhyphen aufgenommen (Müller 1957). Die Wirkung der Düngung beruht also in erster Linie auf einer Vermehrung der Wurzelmasse, die ihrerseits wieder einen hohen Pilzgehalt schafft, und auf beiden zusammen dürfte die Zunahme der Faunendichte im Boden basieren.

Die Düngung wirkt sich aber nicht für alle Tiergruppen gleichartig aus. Für die hohen Individuenzahlen der „Wichtel"-gedüngten Wiese waren fast ausschließlich die Collembolen verantwortlich. In Abb. 23 habe ich einige Gruppen oder auch Familien und Arten herausgegriffen, bei denen die Beziehung zur Düngung besonders klar zum Ausdruck kommt.

Die Gastropoden, die in der ungedüngten Parzelle in Reisach selten zu finden waren, werden durch die Düngung, indirekt über die Entfaltung des Pflanzenwuchses, merklich begünstigt.

Auch die Lumbriciden verdichten auf der gedüngten Fläche ihre Population.

Die Diplopoden bevorzugen eindeutig die kompostgedüngte Fläche gegenüber der Wiese mit „Wichtel"-Dünger, während die Chilopoden auf beide Düngungsarten gleichermaßen positiv reagieren.

Entgegen den Ergebnissen Müllers (1957), bei dessen Versuchen mit Mineraldüngung sich keine einseitige Bevorzugung durch die Milben oder Collembolen ergab, konstatierte ich in dem mit „Wichtel" gedüngten Boden

einen deutlichen Rückgang des Milbenbesatzes. Dafür erreichen aber die Collembolen an dieser Stelle ihre besonders hohe Dichte. Für diese Zahlenwerte sind vor allem 3 Arten verantwortlich: *Folsomia multiseta* zeigte sich besonders vermehrungsfreudig, ebenso *Isotoma notabilis*, die auf Kompostdüngung in gleicher Weise anspricht, und als 3. Art *Isotomiella minor*. Andere Arten waren in geringerer Zahl vertreten, aber diese wenigen Exemplare starr an den anthropogenen Faktor gebunden. So sind *Brachystomella parvula* und die ihr ökologisch verwandte Art *Lepidocyrtus cyaneus* als ausgesprochene Düngungsfolger zu bezeichnen. Andererseits war die petro- und xerophile *Schoettella ununguiculata* nur in der ungestörten Magerwiese in Reisach vertreten.

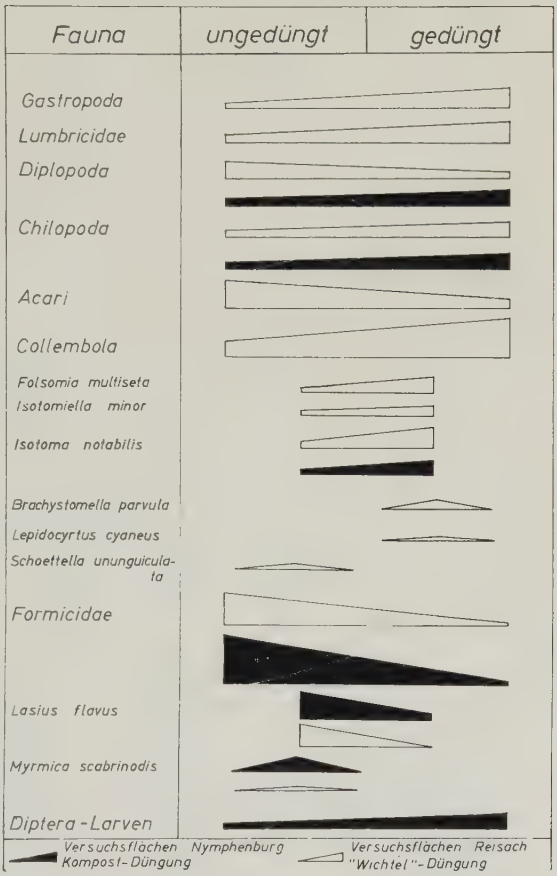


Abb. 23. Einfluß der Düngung auf den Faunenbestand

Eine deutlich düngungsfeindliche Reaktion zeigen die Ameisen. Waren sie in den ungedüngten Flächen, sowohl in Reisach als auch in Nymphenburg, massenhaft vorhanden, so wurden nach der Düngung nur noch wenige Exemplare aus den Proben gelesen. Die beiden Arten, auf denen das Hauptgewicht liegt, zeigen dabei deutliche Unterschiede: *Lasius flavus* geht zwar mit der Düngung stark zurück, bleibt aber immer noch ein Bestandteil der Bodenfauna. *Myrmica scabrinodis*, die steinige Gebiete mit dürftigem Pflanzenwuchs bevorzugt, sagt der nun mit üppigen Pflanzen bestandene Boden nicht mehr zu, und sie verschwindet ganz.

Für Dipterenlarven konnte ich nur bei Kompostdüngung eine Zunahme nachweisen. Es ist anzunehmen, daß eine Anzahl dieser Larven, mit dem Kompost auf den Boden gebracht, dort als ein Bestandteil der Fauna dieses Biotops noch einige Zeit weiterleben.

Aus diesen Tatsachen läßt sich die Schlußfolgerung ziehen, daß *Düngung in jeder Weise die biologische Tätigkeit anregt und somit bodenverbessernd wirkt*. Diese Versuche lassen weiterhin erkennen, daß einem Düngemittel, das neben Humussubstanzen auch die nötigen Mineralsalze in den Boden bringt, der Vorzug zu geben ist.

Zusammenfassung

1. Zur vergleichenden Untersuchung der Tierwelt verschiedener Wiesenböden im oberbayerischen Raum wurden 6 Versuchsflächen ausgewählt und im Jahresablauf bearbeitet: 2 stets kurz geschorene Rasenflächen, 1 langhalmige Fettwiese und – zum Vergleich – der angrenzende Laubwaldstreifen im Schloßpark München-Nymphenburg, sowie eine unbearbeitete Magerwiese und die davon abgegliederte „Wichtel"-gedüngte Parzelle im Wasserentnahmegebiet der Stadt München in Reisach bei Miesbach. Neben der faunistischen Erfassung des Tierbestandes – aufgegliedert nach Bodentiefen – sollte die Wirkung der verschiedenen abiotischen Faktoren, wie auch verschiedener Düngungsarten auf die edaphische Tierwelt untersucht werden.
2. Die Proben wurden bis zu 20 cm Tiefe entnommen und in 3 Tiefenzonen unterteilt: 0–5, 5–10 und 10–20 cm. Für die Erfassung der größeren Bodentiere grenzte ich ein Quadrat von 25 : 25 cm ab, für Milben und Collembolen 10 : 10 cm. Die großen Proben wurden auf weißem und schwarzem Papier ausgelesen, die kleinen Proben in einen abgewandelten Tullgren-Berleseapparat gebracht.
3. Die Vegetationsaufnahme charakterisiert die einzelnen Wiesentypen. Die Böden gehören alle dem Braunerdetyp an, mit verschieden starker Ausbildung der Horizonte und der Humusbeimengungen.
4. Die Gesamtindividuenzahl liegt bei weit über 30000 Exemplaren. Der prozentuale Anteil der einzelnen Gruppen beträgt:

Arten		*Individuen*	
Coleoptera	16,0 %	*Collembola*	29,9 %
Collembola	14,6 %	*Acari*	25,1 %
Acari	13,8 %	*Enchytraeidae*	14,3 %
Coleopterenlarven	11,0 %	*Gastropoda*	12,6 %
Gastropoda	8,1 %	*Hymenoptera*	8,9 %
Dipterenlarven	7,9 %	*Dipterenlarven*	2,5 %
Aranea	7,8 %	*Lumbricidae*	2,3 %
Nematodes	4,4 %	*Coleopterenlarven*	0,9 %
Rhynchota	3,6 %	*Chilopoda*	0,7 %
Lumbricidae	2,6 %	*Coleoptera*	0,7 %
Chilopoda	2,5 %	*Isopoda*	0,6 %
Diplopoda	2,1 %	*Diplopoda*	0,6 %
Hymenoptera	2,1 %	*Aranea*	0,4 %
Isopoda	1,4 %	*Rhynchota*	0,2 %
Diptera	1,4 %	*Lepidopterenlarven*	0,2 %
Lepidopterenlarven	0,7 %	*Diptera*	0,1 %
Die Milben sind nicht vollständig bestimmt, bei ihnen dürfte sich die Artenzahl noch erhöhen.		Die Nematoden wurden nicht quantitativ erfaßt.	

5. In der Vertikalverteilung ist der größte Teil der Bodenorganismen in den obersten 10 cm konzentriert, mit zunehmender Tiefe nimmt die Besiedlungsdichte rasch ab.

6. Der jährliche Populationszyklus äußert sich in einem Herbst- und Frühjahrsmaximum und einem Tiefstand in Sommer und Winter, wenn man von dem völlig anderen Verlauf in der gedüngten Reisacher Parzelle absieht, die nach der Düngung ihre Besatzdichte bis in den Winter hinein immer mehr steigert. Das jahreszeitliche Verhalten der einzelnen Tiergruppen ist unterschiedlich. An 3 Collembolenarten wurden temperaturbedingte Vertikalwanderungen im Tagesgang aufgezeigt.
7. Unter den Umweltfaktoren erwiesen sich Porenvolumen, Feuchtigkeit und Temperatur als besonders ausschlaggebend. Die Abhängigkeit von der Ausbildung des Porenvolumens konnte an Milben und Collembolen nachgewiesen werden. Temperaturmessungen wurden mit Thermoelementen durchgeführt, der Temperaturverlauf in den Bodenschichten wurde bei verschiedener Witterung festgehalten und die Temperaturspanne ermittelt, welche die Tiere in den einzelnen Schichten zu ertragen haben.
8. Die chemischen Untersuchungen ergaben einen verhältnismäßig hohen Humusgehalt aller Versuchsflächen. Der Boden ist mit Ausnahme der Magerwiese ziemlich konstant schwach basisch. Größeren Schwankungen unterliegen der P_2O_5-, Stickstoff- und Kalkgehalt.
9. In der synökologischen Analyse der Fauna wurden bei den ausführlicher behandelten Collembolen die Gesellschaften der verschiedenen Wiesenböden in Synusien zusammengefaßt, die bei den Nymphenburger Wiesen in 2 Varianten aufspalten. Eine Vertikalgliederung in Isöcien, unter dem Gesichtspunkt morphologischer Anpassung, ist vorangestellt.
10. Die Düngungsversuche zeitigten die besten Ergebnisse in der Parzelle mit „Wichtel"-Volldüngung. Nach einer anfänglichen Schockwirkung entfaltete sich das Bodenleben zu einer optimalen Besatzdichte. Diese Düngerwirkung zeigte sich in besonderem Ausmaß bei den Collembolen. Die Kompostdüngung brachte keine so deutlichen Ergebnisse. Am stärksten sprechen auf diese Art der Düngung die Dipterenlarven und in geringerem Maße Chilopoden und Diplopoden an. Neben der Ertragssteigerung regt die Düngung die Tätigkeit der Organismen im Boden an und wirkt somit in jeder Hinsicht bodenverbessernd.

Summary

1. Six test areas were selected for comparative study and worked throughout the year. These were: two turf areas which were kept close cropped, one long stemmed fat meadow and the adjacent strip of deciduous woodland in the Castle Park at München-Nymphenburg, as well as an untreated poor meadow and the separate „Wichtel" fertilized plot in Reisach.
2. The samples were taken from three levels, 0–5, 5–10 and 10–20 cms deep, and extracted in modified Tullgren-Berlese apparatus.
3. The vegetation absorption characterized the individual types of meadow. The soils were all of the brown earth type with varying amounts of horizon formation and humus admixture.
4. Most of the soil organisms are concentrated in the top 10 cms, the population density decreases quickly with increasing depth.
5. Annual population cycle. The seasonal behaviour of the individual

groups of animals is different. Three species of Collembola showed temperature conditioned vertical migrations in the course of the day.

6. Among the environmental factors, porosity, dampness and temperature were found to be particularly important. A dependence on pore formation was detected in mites and Collembola. The temperature was measured with thermocouples and the range of temperatures to which the organisms were subjected at the various levels, was ascertained.
7. Humus content, nitrogen, calcium and P_2O_5 were found by chemical analysis.
8. In the synecological analysis of the fauna, synusia were established for the Collembola, of which there were 2 variants. A vertical separation into isoecia from the point of view of morphological adaptation is assumed.
9. The fertilization tests gave the best results in the plot with „Wichtel" – complete fertilization. After an initial shock effect, the soil life settled down into an optimum population density; this effect was particularly evident with the Collembola. Fertilization with compost did not give such definite results.

Literatur

Bockemühl, J.: Die Apteryyoten des Spitzberges bei Tübingen, eine faunistisch-ökologische Untersuchung. Zool. Jb. (Syst.) 84, 1956.

Dunger, W.: Untersuchungen über Laubstreuzersetzung durch Collembolen. Zool. Jb. (Syst.) 84, 1956.

Feher, D.: Experimentelle Untersuchungen über die mikrobiologischen Grundlagen der Schwankungen der Bodenacidität. Arch. Mikrobiol. 3, 1932.

Franz, H.: Die Tätigkeit der Kleintiere im Boden und Wirtschaftsdünger und ihre Bedeutung für das Dauergrünland. Pflanzenbau 19, 1943.

Frenzel, G.: Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesenbodens. Jena 1936.

Geiger, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Die Wissenschaft 78, Braunschweig 1950.

Gisin, H.: Ökologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im schweiz. Exkursionsgebiet Basels. Rev. Suisse Zool. 50, 1943.

— Hilfstabellen zum Bestimmen der holarkt. Collembolen. Verh. naturf. Ges. Basel 55, 1944.

— Sur les Insects Apterygotes du Parc National Suisse. Especes et groupements euedaphiques. Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark II, 1947.

— Neue Forschungen über Systematik und Ökologie der Collembolen. Die Naturw. 38, 1951.

— Die ökol. Forschung und die Lebensgemeinschaften. Scientia (6) 46, 1952.

Glasgow, J. P.: A population study of subterranean Collembola. J. anim. Ecol. 8, 1939.

Jessen, W.: Zur Frage der Wiesendüngung. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 49, 1950.

Kühnelt, W.: Bodenbiologie. Wien 1950.

Lorch, M.: Geordnete Düngerwirtschaft. München 1954.

Lundegardh, H.: Klima und Boden. Jena 1954.

Mail, A. G.: Winter soil temperatures and their relation to subterranean Insect survival. J. agric. Research 41, 1930.

Morris, M.: Observations on the Insect Fauna of permanent pasture in Cheshire. Ann. Appl. Biol. 7, 1922.

Müller, G.: Prüfung der Beziehungen zwischen mineralischer Düngung und Bodenleben. Die dtsch. Landwirtsch. 1, 1957.

Oberdorfer, E.: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Pflanzensoziol. 10, 1957.

Schaffer, G.: Atmungskurven des Bodens unter dem Einfluß langjähriger verschiedenartiger Düngung. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 66, 1954.

Schaller, F.: Biol. Beobachtungen an humusbildenden Bodentieren, insbes. Collembolen. Zool. Jb. 78, 1950.

Scheffer, F.: Agriculturchemie Teil c, Humus und Humusdüngung. Stuttgart 1941.
Schimitschek, E.: Einfluß der Umwelt auf die Wohndichte der Milben und Collembolen im Boden. Z. f. angew. Entom. 24, 1937.
Schubert, J.: Das Verhalten des Bodens gegen Wärme, in: Blanck, Handb. Bodenl. 6, 1930.
Schubert, K.: Ökologische Studien an schles. Apterygoten. Dtsch. Ent. Ztg. 1933.
Seemann, J., & Löw, K.: Die Auswirkung der Taubildung auf den Temperaturverlauf in der bodennahen Luftschicht. Met. Z. 61, 1944.
Stach, J.: The Apterygotan Fauna of Poland in relation to the World-Fauna of this group of insects. Bd. I–V Acta monogr. Mus. Hist Nat. 1949.
Strebel, O.: Beiträge zur Biologie, Ökologie und Physiologie einheim. Collembolen. Z. Morph. Ökol. d. Tiere 25, 1932.
Strenzke, K.: Untersuchungen über die Tiergemeinschaften des Bodens: Die Oribatiden und ihre Synusien in den Böden Norddeutschlands. Zoologica 37, 1952.
Süchting, H., & Christmann, H.: Zur quantitativen Bestimmung der organischen Substanz im Boden. Mitt. Forstwirtsch. u. Forstwiss. 5, 1936.
Thienemann, A.: Leben und Umwelt. Rowolhlt's dtsch. Enzykl. 22, 1956.
Volz, P.: Untersuchungen über die Mikroschichtung der Fauna von Wald-Böden. Zool. Jb. (Syst.) 66, 1934.

Aus dem Institut f. Ldw. Zoologie u. Haustierkunde, damaliger Direktor: Prof. Dr. H. v. Lengerken

Zur Kenntnis des Rübenderbrüßlers (*Bothynoderes punctiventris* Germ.)

Teil II

Von O. Auersch, Halle

Mit 10 Abbildungen

IX. Das Ei

1. Form und Größe

Die Eier des R. sind skulpturlos – wie die der meisten Insekten — die ihre Ablage in den Boden oder in Pflanzenteile sowie in andere schutzbietende Medien vornehmen. Die Form ist verschiedenartig, entweder oval, längsoval oder rundoval. Die meisten haben ovale Form, wobei die beiden Enden eine nicht ganz gleichmäßige Gestalt aufweisen.

Von 1065 untersuchten Eiern waren 90,8% oval, 6,0% längsoval und 3,2% rundoval. Eichler (15) bezeichnet die Gestalt als fast kugelrund. Die Eier sind im Verhältnis zur Größe des Käfers klein, wenn man sie mit denen von *Cleonus piger* Scop., *Cl. cinereus* Schrk. und *Tan. palliatus* F. vergleicht.

Eichler (14) gibt die Größenverhältnisse der Eier des R. wie folgt an: Längsdurchmesser 2,0–2,2 mm und Querdurchmesser 1,4 × 1,0; 1,0 × 0,9 und 1,1 × 1,0 mm. Tielecke (66) schließt sich den Angaben von Hase an.

Ich habe ein durchschnittliches Längen–Breitenverhältnis von 1,4 × 1,0 mm ermittelt und stimme mit Hase überein. Die Größe ist so bemessen, daß in einem Eierkelch zugleich 3 legereife Eier bis zur Ablage gespeichert werden können.

2. Farbe

Eichler (15) bezeichnet die Farbtönung als quittegelb bis gelblich-weiß. Wie bereits Tielecke (66) vermutet, geht man in der Annahme nicht fehl, daß diese Beschreibung auf die Eier von *Cl. piger* Scop. zutrifft. Nach unseren Beobachtungen kann man beim R. zwischen weißen, weißlich-gelben, gelblich-weißen und vollkommen gelben Eiern unterscheiden. Das Weiß ist ein Elfenbeinweiß. Die weißlich-gelben Eier weisen einen gelben Anflug auf, die gelblich-weißen sind intensiver gelb und die gelben quittegelb.

Bei dem von mir untersuchten umfangreichen Material ergaben sich folgende Farbstufen:

weiß	30,0 %
weißlich-gelb	37,8 %
gelblich-weiß	19,0 %
gelb	13,2 %

Ich kann die von Tielecke beobachtete Empfindlichkeit der Eier gegen mechanische Einflüsse bestätigen. Das Eichorion ist aber nach den von mir angestellten Beobachtungen um so weniger empfindlich, je mehr gelber Farbstoff eingelagert wurde, so daß die rein weißen Eier besonders und die gelben am wenigsten mechanisch beschädigt werden. Ich spreche den intensiv gelb gefärbten eine größere Widerstandsfähigkeit auch gegen sonstige Einflüsse im Boden zu.

Manche Weibchen legten nur weiße und andere wiederum nur gelbe Eier. Eine Änderung der Farbe während der Legezeit habe ich bei den einzelnen Käfern nicht beobachten können. Es ist bemerkenswert, daß bei jedem Weibchen die Farbe der Eier in der ganzen Legezeit gleich blieb.

Besonders hervorzuheben ist, daß die Eier des R. sich unter direkter Lichteinwirkung (ultraviolette Strahlen) in allen Abstufungen bis bläulichschwarz zu verfärben vermögen. Die Farbveränderung setzte je nach herrschender Temperatur und Lichtintensität früher oder später in den ersten Tagen der Embryogenese ein. Die fragliche Erscheinung zeigte sich nicht im diffusen Licht. Sie trat ferner nicht im Boden und selbstverständlich auch nicht an unbefruchteten Eiern auf. Das Pigment wurde im Chorion eingelagert. Offenbar liegt hier eine Schutzeinrichtung für den Embryo vor. Die Fähigkeit, die für die Entwicklung des Embryo unerwünschte intensive Lichteinwirkung abzuschirmen, kommt wahrscheinlich den Eiern vieler Käfer zu, und zwar auch dann, wenn sie in den Boden oder in Pflanzenteile abgelegt werden. Ich beobachtete das gleiche bei *Cl. cinereus* Schrk. und *Tan. palliatus* Fabr.

Tielecke berichtet wie folgt: „Es sei an dieser Stelle noch erwähnt, daß während der Entwicklung der Eier ihre Oberfläche eine schwärzliche Farbe annimmt. Diese war nicht durch den sich entwickelnden Embryo, der hindurchschimmert, bedingt, denn auch die bereits von der geschlüpften Larve zurückgelassene Eischale behielt diese Verfärbung. In noch weit verstärktem Maße beobachtete ich das gleiche z. B. an den Eiern von *Tanymecus palliatus*."

Es darf angenommen werden, daß die Farbstoffbildung durch hormonale Wirkung des Embryo ausgelöst wird.

3. Entwicklung

Über die Entwicklungsdauer der Eier findet man in der Literatur z. T. bedeutend voneinander abweichende Angaben. Steiner (1936) hat bei Temperaturkonstanz in Höhe von +36,8° C eine Entwicklungszeit von 5,2 bzw. 6,3 Tagen ermittelt. Er hat weiterhin festgestellt, daß der Entwicklungsnullpunkt bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 89—95 % bei +12° C und bei einer r. F. von 70—80 % bei +12,7° C liegt. Eckstein (8) und Rozsypal (58) geben eine 3tägige Dauer der Entwicklung an, ohne jedoch die Temperatur zu nennen. Afif Gediz (1) erwähnt eine Zeit von 5—7 Tagen, nennt aber nicht die von ihm verwendeten Temperaturen. Nach Pospilov (54) dauert die Schlüpfzeit 10—11 Tage — die Temperaturen werden dabei nicht ange-

geben —. Grof (23) beobachtete bei +20°C eine Schlüpfdauer von 9–10 Tagen.

Tielecke (66) ermittelte folgende Entwicklungszeiten:

	t	Tage
a.	+ 20 – + 23° C ∅	8–10
b.	+ 25 – + 26° C ∅	6

Wir erzielten annähernd gleiche Werte:

	t	Tage
a.	+ 24,0° C	8
b.	+ 24,0° C	7
c.	+ 25,0° C	6

Wir entnahmen die Eier unmittelbar nach ihrem Ablegen mit dem feuchten Erdboden der Ablagestelle und brachten sie in Petrischalen, die mit angefeuchtetem Fließpapier ausgelegt worden waren. Das Material kam auf diese Weise in seiner Lage unverändert in Feuchtigkeitsverhältnisse, die denen eines feuchten Bodens im Freiland entsprachen.

An den Wänden der Glasschalen bildete sich reichlich Kondenzwasser. Die unter diesen Bedingungen zur Entwicklung gebrachten Eier schlüpften zu 100 %. Eine geringfügige Verpilzung war lediglich in einem Falle zu beobachten, die jedoch den Schlüpfvorgang nicht beeinträchtigte. Das oben erwähnte zähflüssige, klebrige Sekret ist mit Wasser nicht benetzbar. Es darf angenommen werden, daß diese Substanz vor allem gegen zu hohe Feuchtigkeit weitgehend schützt. Selbst in Böden mit über 20 % Wasser konnte ich keine verpilzten Eier feststellen.

Wenn das Weibchen — wie schon erwähnt — zur Eiablage trockene Plätze in der Nähe der Wirtspflanze wählt, können darin nach v. Lengerken (46) Brutfürsorgemaßnahmen im Hinblick auf die Entwicklung der Larven gesehen werden. Das Absondern von Schutzsekret darf als eine Brutfürsorgemaßnahme hinsichtlich der Embryonalentwicklung gewertet werden. Diese Maßnahme wirkt physikalisch vor allem in zweifacher Hinsicht, sie weist bei zu hoher Feuchtigkeit Wasser ab und verhindert bei Trockenheit eine zu hohe Transpiration. Im letzteren Falle entsteht durch Anhaften von kleinen Erdpartikeln eine Hülle um das Ei, die sich nach meinen Beobachtungen in Böden mit mehr als 19 % Wasser nicht zeigt.

Übersicht 4

Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf die Entwicklung der Eilarven (1952)
Lößartiger Boden

Vers. Nr.	W.K. %	Wassergehalt %	Larven tot	Larven lebend	Zahl d. bei Kontrollen ermittelten Eier
1	70	20,98	1	10	26
2	60	19,29	4	0	5
3	40	11,58	0	0	0
4	30	8,24	0	0	0

Wenn Tielecke (66) von Eiern, die er in feuchten Boden gebettet hatte, keine Larven erzielte, dann lag das wahrscheinlich daran, daß das Sekret beim Übertragen der Eier teilweise entfernt wurde und sich demzufolge die Feuchtigkeit des Bodens schädigend auswirken konnte.

Auf Fließpapier gewonnenes Eimaterial, das mit angefeuchtetem Pinsel entnommen und in Petrieschalen auf angefeuchteter Unterlage zur Entwicklung angesetzt worden war, brachte nur einen geringen Prozentsatz Larven. Die meisten Eier verpilzten. In Glasschalen auf trockener Unterlage bei Temperaturen von +15 bis +19° C angesetzte Zuchten ergaben Schlupfprozente von 50 bis 55, ähnlich, wie sie auch Tielecke (66) erzielte.

Die Entwicklungstage der Eier schwankten in dem angeführten Temperaturbereich wie folgt:

Tage	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Zahl der Eier	3	18	41	89	132	104	73	81	26	17	16	13	3	= 616

Vorstehende Ergebnisse führe ich deswegen an, weil sie zeigen, wie sich die Entwicklung bei den Temperaturen verlängert, die gerade in der kritischen Zeit im Boden oft anzutreffen sind.

Es ist zu erwähnen, daß das Eimaterial so zur Zucht angesetzt wurde, wie es anfiel. Manche Eier waren also mehr der oberen und andere der unteren Grenze des angegebenen Temperaturbereiches ausgesetzt.

X. Die Larve

1. Das Schlüpfen

Zum Sprengen der Eischale haben die Käferlarven oft besondere Einrichtungen, die Eischalensprenger. Die genannten Gebilde werden von der Haut erzeugt und bei der ersten Häutung abgestoßen. Die Vorrichtungen zum Sprengen der Schalen können sich an verschiedenen Stellen des Kopfes oder Körpers zeigen. v. Lengerken (39) unterscheidet je nach der Topographie zwischen labialen, thorakalen kranialen, abdominalen und thorakal-abdominalen Schalensprengern.

Die Larven vom R., die wie alle Curculioniden-Larven beinlos sind und an den Brustringen je 2 Fußwülste tragen, besitzen zum Öffnen der Eischale keine besonderen Einrichtungen. Diese Funktion haben die vor allem an der Spitze stark chitinisierten Mandibeln übernommen, wie es bei Rüsselkäferlarven die Regel ist.

Nachdem die Larve die Schale des Eies gesprengt hat, arbeitet sie sich allmählich durch wurmartige Bewegungen frei. Das Auskriechen dauerte nach meinen Beobachtungen bei +18 bis +19° C 30 bis 35 Minuten.

2. Gestalt und Farbe

Die Larven vom R. sind am Hinterende ventral angebogen. Die nach dem Schlüpfen zunächst noch wenig chitinisierte Kopfkapsel erfährt im Laufe des ersten Tages eine weitere Chitineinlagerung.

Die Länge der Larven beträgt im Durchschnitt 2,15 mm und das Gewicht 0,56 mg. Der Körper ist mit Borsten besetzt, die bis zum Puppenstadium erhalten bleiben.

Die Farbe variiert in allen Übergängen vom Weiß bis zum Gelb. Nach meinen Beobachtungen entspricht die Färbung einer Larve der des Eies, aus dem sie schlüpfte. Es verhalten sich demnach die Farbvariationen der Larven wie die der Eier.

Durch die erste Häutung verändern sich die Farbverhältnisse, alle Tiere sind dann elfenbeinweiß gefärbt.

3. Fraß und Schadbild

Die Larven sind positiv geotaktisch. Sie wandern nach dem Schlüpfen in der Regel schräg nach unten, und zwar in einem Winkel von 30 bis 45 Grad. Man darf nach meinen Untersuchungen annehmen, daß von den Wurzelausscheidungen ausgehende chemotaktische Reize der Orientierung dienen. Eine

Abb. 10

Abb. 11

Abb. 10. Durch starken Fraß der Larven am Rübenkörper hervorgerufene gestauchte Wuchsform (n. Tielecke). – *Abb. 11.* Vernarbter Larvenfraß z. Z. der Ernte

experimentelle Beweisführung hierzu wurde in der Weise vorgenommen, indem Larven in entsprechenden Abständen von getopften vollkommen bewurzelten und getopften noch nicht bewurzelten Rüben eingesetzt worden sind. Es zeigte sich, daß die ersteren den Rübenkörper in 3 bis 4 Tagen erreichten, während die letzteren das nicht vermochten.

Diese Ergebnisse legen den Schluß nahe, daß die Faserwurzeln bzw. Nebenwurzeln höherer Ordnungen den Eilarven als erste Nahrung dienen. Für diese Annahme spricht weiterhin die Tatsache, daß die im Boden unmittelbar an den Rübenkörper von 1 cm durchschnittlich starken Rüben gebrachten Larven sich nicht ernähren konnten. Sie waren offenbar außerstande, die gefestigte Epidermis des Rübenkörpers anzugreifen.

Bei meinen Freilandbeobachtungen (1951) traf ich als kleinstes Stadium L_2 am Rübenkörper an.

Die Larven verursachen ein charakteristisches Fraßbild. Sie fressen in der Regel 4 bis 6 mm breite, quer, schräg oder senkrecht verlaufende Rinnen von wechselnder Tiefe, daneben aber auch fast kreisrunde Gruben. Fraßrinnen traf ich am meisten an. Die Tiere fressen hauptsächlich von oben nach unten, während z. B. die Engerlinge der Maikäfer den Fraß von unten nach oben führen.

Im Durchschnitt blieben 3,8 cm von der oberen Kante des Rübenkörpers fraßfrei. Ebenso wird die durch die Flugsohlenverdichtung hindurchgedrungene Wurzel in der Regel nicht befressen. Nur vereinzelt fand ich Larven über 30 cm tief. Die Hauptfraßzone lag zwischen 8,6 bis 19,7 cm.

Tielecke (66) berichtet, daß sich als Folge des Larvenfraßes im Blattwerk eine besondere Wuchsform bildet, indem verkleinerte Blätter mit verkürzten (gestauchten) Stielen entstehen.

Ein derartiges Schadbild (Abb. 10) an der Plumula konnte ich 1951 in Milzau nicht beobachten. Mein 0,5 ha großes Beobachtungsfeld (Zuckerrüben) wies einen Befall von durchschnittlich 30, bei einzelnen Pflanzen über 90 L. auf, eine Befallsdichte, die als stark zu bezeichnen ist. Die R. waren in der Masse erst zugewandert, als die Rüben im Wachstum das 4- und 6-Blattstadium erreicht hatten, so daß ein Umbruch infolge der vorhandenen größeren Blattmasse nicht erforderlich wurde.

Als Befallssymptome zeigten sich partielle oder totale Vergilbungserscheinungen, wie Welke, die in schwereren Fällen soweit ging, daß die Blätter flach auf dem Erdboden lagen.

Nachdem der Larvenfraß Ende Juli zurückging, kam es allmählich durch Wundperidermbildung zum Vernarben der Fraßbereiche (Abb. 11).

4. Entwicklung bis zur Imago

Die geschlüpfte Larve arbeitet sich sogleich in tiefere Bodenschichten ein. Sie ist imstande, bei gelockertem Boden auch von der Erdoberfläche aus einzudringen.

Über die Entwicklungszeiten der Larven bis zum Jungkäfer gibt es verschiedene Angaben. Sie basieren vielfach auf Freilandbeobachtungen, die in unterschiedlichen Biotopen durchgeführt wurden.

Nach Jablonowski (23) sind in manchen Gebieten Ungarns bereits Anfang Juli verpuppungsreife L. im Boden zu finden, die sich in der zweiten Hälfte des Juli verpuppen. In anderen Gegenden fand derselbe Autor Ende Juli nur L. und noch keine Puppen. Er gelangte auf Grund seiner Beobachtungen zu der Ansicht, daß die meisten L. in den Monaten August und September zur Verpuppung schreiten. Auch Rozsypal (58) berichtet aus der Tschechoslowakei, daß die L. Ende August ausgewachsen sind, und zwar nachdem sie drei Monate an den Rüben gefressen hatten. Nach Grindberg (22) beginnt die Verpuppung im Herbst. Grof (23) stellte die ersten Jungkäfer am 18. Juli fest. Steiner (62) fand bei seinen Bodenuntersuchungen in der Türkei die ersten Junglarven im Juli, die 2,5 bis 9 mm groß waren. Er stellte Ende August nur verpuppungsreife L. fest.

In einigen Wärmegebieten Westanatoliens konnte STEINER (62) im Jahre 1933 bereits am 8. Juni Larven des letzten Stadiums finden. Die Entwicklungsdauer von der Larve bis zum Käfer gibt er mit 2 bis 3 Monaten an. Nach ECKSTEIN (8) benötigen die Larven etwa 6 Wochen. Er gibt allerdings dabei nicht an, ob nach dieser Zeit die Verpuppungsreife erlangt wurde, oder ob die Verpuppung bereits eingetreten war.

Im ersteren Falle würde nach unseren Beobachtungen eine weitere Woche zur Vorbereitung hinzukommen, so daß die Larve bis zum Beginn des Verpuppungsvorganges 7 Wochen gebrauchte. Aus der Puppe entwickelt sich nach etwa 3 Wochen der Käfer. Die Gesamtentwicklung dauert etwa 2,5 Monate, was den Angaben STEINERS (62) entspricht.

Auch die Untersuchungen von TIELECKE (66) ergaben eine $2^1/_2$monatige Entwicklungszeit.

Meine Versuche, nach der Methode von HASE (25) Larven zu züchten, um die Entwicklungsdauer der einzelnen Stadien zu ermitteln, führten wie bei TIELECKE (66) zu wenig Erfolg. Meistenteils starben und verpilzten die angesetzten Tiere. Ich ging daher bald von dieser Methode ab und wendete folgendes einfache Verfahren an. Es wurden 3 cm lange Würfel von Zuckerrüben (Futterrüben zu wasserhaltig) von 4 bis 5 cm Durchmesser geschnitten, die wir von oben her mit dem Skalpell anbohrten. In jedes dieser Bohrlöcher setzte ich 1 Larve und bedeckte den Würfel mit 2 Lagen Fließpapier, damit die L. gegen Eiablagen von Fliegen geschützt war. Die Larven fraßen sich z. T. tief in die Rübe ein. 6 Tage nach dem Ansetzen begannen die Kontrollen, die wir alle 2 Tage vornahmen. Dabei schnitt ich den Rübenwürfel vorsichtig mit dem Skalpell auf und legte die Larve frei. Hatte sich ein Tier gehäutet, so waren *Exuvie* und Kopfkapsel leicht zu finden, wobei letztere besonders ins Auge fiel. Nach jeder Kontrolle setzten wir die Tiere in neue Würfel um, die auf angefeuchtetem Fließpapier in Glasschalen aufgestellt waren.

Mit der geschilderten Methode erzielte ich nachstehende Ergebnisse:

Entwicklungsdauer der Eilarve L_1	11,0 Tage
Länge der frisch geschlüpften L_2	3,5 mm
Entwicklungsdauer der L_2	22,0 Tage
Länge der frisch geschlüpften L_3	6 mm
Gewicht: 15 mg	
Entwicklungsdauer der L_3	11,0 Tage
Länge der frisch geschlüpften L_4	11 mm
Gewicht: 36 mg	
Entwicklungsdauer der L_4	14 Tage

Die Larven häuten sich 3mal, so daß man 4 Stadien zu unterscheiden hat. Wenn KAMENSKI und MENDE (36) von 5 Stadien sprechen, dann sind wahrscheinlich die 5 Häutungen gemeint, die in der Gesamtentwicklung durchlaufen werden. Die 4. Häutung führt zur Puppe. Nach meinen Beobachtungen bedarf eine verpuppungsreife L_4 einer 4- bis 7tägigen Vorbereitungszeit.

Die Puppenruhe betrug in meinen Laborversuchen bei $+16^0$ C bis $+20^0$ C 16–18 Tage. Die 5. Häutung, die Imaginalhäutung, geht in der Weise vor sich, daß zunächst eine auf dem Pronotum längs verlaufende praeformierte Naht vom schlüpfreifen Käfer gesprengt wird. Die Puppenhaut löst sich mit Hilfe der Exuvialflüssigkeit. Die Haut wird zunächst über den Kopf gestreift, um danach mittels des Rüssels und der Extremitäten nach rückwärts abgestreift zu werden. Dieser Häutungsvorgang läuft bei genügender Feuch-

tigkeit und Wärme in der von der L_4 angefertigten Erdzelle reibungslos ab. Die Zelle hat eine glatte, durch die Flüssigkeitsausscheidungen der Larve dicht verkittete Wandung, die das Tier vor dem Eindringen unerwünschter Feuchtigkeit schützt. Die Puppe wird in einer derartigen Zelle neben dem Schutz vor Feuchtigkeit noch vor einem zu schnellen Eintrocknen der Exuvialflüssigkeit bewahrt.

Die Verkittung der Erdpartikel wird um so dichter und vollkommener sein, je gleichmäßiger, feinerdereicher und calciumhaltiger ein Boden ist. Solche Verhältnisse werden in erster Linie bei Löß und lößartigen Böden gegeben sein und in zweiter Linie bei lehmigem Sand, der infolge seiner Grobkörnigkeit und seines geringen Wasserhaltevermögens als Biotop für den R. — wie wahrscheinlich auch für andere Curculioniden — weniger in Frage kommen, das dürfte vor allen Dingen auch für *Stenocarus fuliginosus* Mrsh. zutreffen.

Nach übereinstimmenden Angaben in der Literatur sind bis Ende September alle Larven zu Käfern entwickelt. Die in Übersicht 5 dargestellten Ergebnisse gewannen wir in 2 benachbarten Gemeinden des Hauptschadgebietes im Kreise Merseburg. Man darf diese Daten miteinander vergleichend betrachten, da die Umweltbedingungen gleichartig sind. Dadurch ist es möglich, den Einfluß des Verlaufes der Jahreswitterung auf die Entwicklung des R. und seiner präimaginalen Stadien in anschaulicher Weise zu erkennen. Es zeigt sich z.B., daß in der Gemeinde Blösien bereits am 19.7.50 8% der Bodenfunde Puppen waren, während in der Gemeinde Milzau 1951 erst am 27.7. Puppen zu dem geringen Prozentsatz von 0,5 festgestellt werden konnten. Während die Daten der Erstfunde bei den Larven zugunsten des Jahres 1950 um eine Woche differieren, beträgt der Unterschied bei den Jungkäfern bereits 2 Wochen. Im Jahre 1950 konnte die Käferentwicklung den mehrfachen Literaturangaben entsprechend gegen Ende September als abgeschlossen gelten. Demgegenüber befanden sich 1951 um diese Zeit noch rund 25% aller Bodenfunde im Larven- bzw. Puppenstadium. Bereits im September gehen die Bodentemperaturen allmählich zurück und verlangsamen die Entwicklung, die sich im Oktober und in der Folgezeit durch stärkeren Temperaturrückgang besonders auswirkt. Die Tiere entwickeln sich nur noch schleppend, wie die weiteren Ergebnisse der Übersicht 5 darlegen.

Die Mortalität der Larven und Puppen steigerte sich mit fallender Temperatur. Andererseits ist erstaunlich, daß bei weit unter $+10^0$C liegenden Bodentemperaturen noch Käfer schlüpften, was vermuten läßt, daß die Puppenzellen eine gewisse Zeit etwas höhere Temperaturen zu halten vermögen. Es muß allerdings bemerkt werden, daß die den Imagines eigentümliche *Eurythermie* wahrscheinlich bis zu einem gewissen Grade auch den präimaginalen Stadien zukommt, denn ich habe bis zum Dezember 1951 frisch geschlüpfte Puppen und Käfer beobachten und zudem lebende Puppen noch im März des nächsten Jahres feststellen können. Eine Weiterzucht der mit der ganzen Puppenwiege aus dem Boden entnommenen Puppen ist mir nicht gelungen, obwohl die Tiere allmählich in höhere Temperaturen überführt wurden. Das gleiche trifft für Puppen zu, die ich am 4.12.51 in der bereits erläuterten Weise zur Weiterzucht ansetzte. Lediglich eine Puppe entwickelte sich bis zur Schlüpfreife weiter und starb kurz vor dem Schlüpfen. Mit weiterem Temperaturrückgang stieg die Mortalitätsquote, so daß eine Schwächung der Entwicklungsfähigkeit der im Labor zur Zucht angesetzten Tiere nicht ausgeschlossen ist, was gestützt werden kann durch die Beobachtung,

Übersicht 5

Vergleichende Darstellung des Entwicklungsverlaufes beim Rübenderbrüßler in den Jahren 1950 und 1951

(Zahl der jeweiligen Entwicklungsstadien und Jungkäfer in Prozenten)

n. Tielecke Flur: Blösien				n. Auersch Flur: Milzau			
Datum 1950	Larven	Puppen	Jungkäfer	Datum 1951	Larven	Puppen	Jungkäfer
4. 7.	100,0	–	–	–	–	–	–
19. 7.	92,0	8,0	–	–	–	–	–
26. 7.	95,0	5,0	–	27. 7.	99,5	0,5	–
2. 8.	71,0	26,0	3,0	–	–	–	–
3. 8.	64,5	32,5	3,0	4. 8.	67,7	32,3	–
–	–	–	–	10. 8.	61,7	38,3	–
17. 8.	10,0	60,0	30,0	17. 8.	54,8	44,2	1,0
24. 8.	6,0	54,0	40,0	24. 8.	46,7	45,4	7,0
–	–	–	–	31. 8.	24,5	45,5	30,0
4. 9.	3,5	42,0	54,5	–	–	–	–
7. 9.	2,0	18,0	80,0	–	–	–	–
–	–	–	–	12. 9.	6,5	38,3	55,2
14. 9.	–	15,0	85,0	–	–	–	–
21. 9.	–	4,0	96,0	19. 9.	6,2	21,8	72,0
				26. 9.	2,2	13,3	84,5
				2. 10.	0,8	24,3	74,9
				9. 10.	–	6,0	94,0
				19. 10.	5,7	18,5	85,8
				13. 11.	2,3	14,3	83,4
				20. 11.	1,3	9,3	89,4
				27. 11.	–	6,0	94,0
				4. 12.	–	9,2	90,8
				11. 12.	–	–	100,0
				18. 12.	–	–	100,0
				22. 12.	–	–	100,0

daß braune Käfer in Zuchtversuchen eine geringe Vitalität zeigten und zumeist vor Erlangung der Geschlechtsreife eingingen. Zu braunen Käfern kam es nach meinen Beobachtungen dann, wenn der Pigmentierungsprozeß (Oxydationsprozeß) durch starkes Sinken der Temperaturen mehr oder weniger plötzlich stillstand. Da es sich um einen irreversiblen Vorgang handelt, bleibt das betreffende Tier in dem unvollständigen Ausfärbungszustand, selbst wenn wieder höhere Temperaturen eintreten.

Bei der „Spätentwicklung" kam es überdies zuweilen auch zu Kümmerformen. Ich fand z. B. am 4. 12. 51 Käfer, die 9 mm lang waren und nur 36 mg wogen.

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen zeigten bei den nicht voll ausgefärbten Käfern eine höhere Mortalität. Ich neige auf Grund meiner Beobachtungen zu der Ansicht, daß derartige Tiere praktisch kaum einen Fortpflanzungswert besitzen.

Daß Puppen überwintern können, habe ich nachgewiesen. Ob eine Entwicklung überwinterter Puppen bzw. Larven im Frühjahr noch möglich ist, konnte weder im Freiland noch experimentell geprüft werden. Mir scheint eine Weiterentwicklung im Frühjahr zumindest zweifelhaft zu sein. Rozsypal (57) beobachtete in der Tschechoslowakei, daß Larven von spät abgelegten Eiern überwintern und sich erst im Frühjahr verpuppen können.

Die Jahre 1952, 1953 und 1954 brachten ein weiteres Abklingen des Besatzes durch Derbrüßler. Er betrug z.B. in Spergau, Kreis Merseburg, am 15.9.54 je Pflanze am Feldrand durchschnittlich 1,2 bis 1,5 Individuen.

Die ungünstigen Entwicklungsbedingungen des Jahres 1954 lassen sich durch folgende Angaben veranschaulichen:

Zahl der Entwicklungsstadien und Jungkäfer in Prozenten

Datum	L.	P.	K.
15. 9. 54	18,3	69,6	12,1

XI. Der Käfer

1. Überwinterung und Erscheinen

Die Puppenwiege, die im Durchschnitt 25 mm lang und in der Mitte 5 bis 6 mm breit ist, wird in der Literatur verschiedentlich erwähnt und von Tielecke (66) im wesentlichen beschrieben. Einige Einzelheiten stehen noch offen, die ergänzend nachgetragen werden sollen.

Die verpuppungsreifen Larven wandern von ihrer Wirtspflanze mehr oder weniger weit weg und legen Erdzellen an, was das Werk von mehreren Tagen ist. Die Tiere bringen sich hierbei nach und nach in senkrechte Lage, um darin wie eine Walze langsam zu drehen, bis schließlich eine im Querschnitt kreisrunde zigarrenförmige Zelle angelegt ist. Die Erdzellen sind in der Regel vertikal angeordnet (Abb. 10). Ich habe im Gegensatz zu Tielecke (66) zahlreiche Puppenwiegen gefunden, die bis 30 Grad geneigt waren. Der Kopf der Tiere weist stets nach oben, während die Exuvie an der Basis der Wiege liegt.

Im allgemeinen gruppieren sich die geschlüpften Käfer im gleichen Bodenbereich um die Rübe, in dem die Eiablage erfolgte. Es ergab sich eine durchschnittliche Entfernung von 6 cm, die weiteste betrug 24 cm. Aus welchen Gründen die zur Verpuppung schreitenden Larven oft verhältnismäßig weit vom Rübenkörper wegwandern, habe ich nicht mehr untersuchen können. Wahrscheinlich will das Tier einen besonders geeigneten Ort ausfindig machen. Im großen und ganzen scheint die Tendenz zu bestehen, sich im Boden nach oben zu bewegen.

Über die Tiefenlagen der Käfer finden sich in der Literatur verschiedene Angaben. Grof (23) fand die meisten in 25 bis 40 cm Tiefe. Er beobachtete außerdem auf höher gelegenen Stellen eines Rübenfeldes eine tiefere Lage (15 cm) und auf tiefer gelegenen eine flachere (10 cm). Kamenski und Mende (36) berichten von 20 bis 30 cm. Steiner (62) fand die meisten Käfer in 20 bis 40 cm Tiefe. Zu gleichen Ergebnissen kam Eckstein (8). Tielecke (66) führte in der Zeit vom 7. bis 14.9.50 Untersuchungen durch und hatte folgende Ergebnisse:

0—10 cm Tiefe	75,0 %
10—20 cm Tiefe	18,0 %
20—30 cm Tiefe	6,6 %
30—40 cm Tiefe	0,4 %

Er untersuchte jeweils 0,5 m² Bodenfläche auf Futterrübenacker. Tielecke weist mit Recht darauf hin, daß bei Futterrüben infolge des geringeren Wurzeltiefganges mit einer flacheren Lage des Schädlings zu rechnen ist, gibt aber nicht an, ob es sich um die Spindel- oder Walzenform der F.-Rübe handelt.

Übersicht 6

Einfluß der Rübenart auf die Tiefenlage des Derbrüßlers

Bei Futterrüben n. Tielecke			Bei Zuckerrüben n. Auersch		
Tiefen	Zahl der Funde	%	Tiefen	Zahl der Funde	%
bis 10 cm	114	75	2 cm	1	0,6
			2– 5 cm	34	22,5
			5–10 cm	53	35,1
bis 20 cm	32	21	10–15 cm	37	24,5
			15–20 cm	22	14,5
bis 30 cm	6	4	20–25 cm	4	2,8
			25–30 cm	0	
	152			151	

Aus der vorstehenden Zusammenstellung ist zu ersehen, daß die flachere Bewurzelung der Futterrüben gegenüber den tieferwurzelnden Zuckerrüben einen Einfluß auf die Tiefenlage des R. und seiner präimaginalen Stadien ausübt. Es hat bei den Zuckerrüben eine beachtliche Verschiebung der Individuen in die Zone von 10–20 cm stattgefunden, die mit den unterschiedlichen Ernährungsverhältnissen in Verbindung gebracht werden darf. Die zum Vergleich herangezogenen Ergebnisse scheinen nach Zeit und Individuenzahl mit denen von Tielecke (66) am vergleichbarsten zu sein. Sie wurden in der Zeit vom 11. bis 22.12.1951 gewonnen. Die tiefer als 20 cm festgestellten Tiere hatten sich unmittelbar am Rübenkörper nach unten gearbeitet. Offenbar vermochten die Larven, die selbstverständlich nur für eine Tiefenwanderung in Betracht kommen, die in 20 bis 25 cm liegende Pflugsohle nicht zu durchdringen.

Der R. überwintert wie zahlreiche *Coleopteren* an der Entwicklungsstätte, d.h. in den Erdzellen. Ein erheblicher Teil der Käfer wird durch die Bodenbearbeitung beim Roden der Rüben und beim Pflügen in seiner Lage verändert oder gar an die Oberfläche gebracht. Die letzteren graben sich meist nur flach in den Boden ein. Solche Tiere kommen in der Regel im Frühjahr zuerst hervor, was nicht selten Ende Februar/Anfang März geschieht. Ich stellte z.B. im Jahre 1951 am 3.3. in Bennstedt (Saalkreis) die ersten Käfer fest. Um die Mortalität während der Überwinterung quantitativ zu ermitteln und zum anderen die Temperaturabhängigkeit für das Erscheinen der Käfer im Frühjahr festzustellen, führte ich Versuche in Kästen durch, die im Freiland aufgestellt wurden. Die Tiere gruben sich in den locker aufgeschütteten, einem frisch gepflügten Acker entsprechenden Boden flach ein.

Die Versuche zeigten, daß ein hoher Prozentsatz der Käfer während der Überwinterung zugrunde geht. Wenn auch die erzielten Resultate nicht ohne weiteres auf die Freilandverhältnisse zu übertragen sind, so ist doch anzunehmen, daß sie ihnen nahekommen. Zu berücksichtigen ist, daß es sich in meinem Versuch um überwinternde Käfer handelte, die gezwungen waren, von der Oberfläche in den Boden einzudringen. Die Eindringtiefe erreichte

im allgemeinen nicht mehr als 5 cm, so daß die Tiere selbstverständlich in der oberen Schicht den atmosphärischen Einflüssen, vor allem den Temperaturschwankungen stärker ausgesetzt waren als in tieferen Lagen bzw. in den Puppenwiegen.

Die Versuche hatten folgende Ergebnisse:

Lfd. Nr.	Stückzahl	überwintert	%	Boden
1	20	5	25	Abgesetzter, Oberfläche feinkrümelig
2	20	6	30	lockerer Boden
3	20	17	85	lockerer Boden mit Schollen
4	20	12	60	lockerer Boden mit Schollen
5	20	8	40	lockerer Boden ohne Schollen
6	100	60	60	lockerer Boden ohne Schollen
	200	108	54	

Diese Versuche ermöglichen demzufolge, die Einwirkung krasser Temperaturschwankungen auf die Käfer zu ermitteln. Die beobachteten pathologischen Erscheinungen, die man mit den Schwankungen der Temperatur in der Übergangszeit im Frühjahr in Verbindung bringen darf, sollen später behandelt werden. Sie zeigten, daß der genannte Schädling kurze Übergänge vom Winter zum Frühjahr wesentlich besser verträgt als lange mit häufigem Temperaturwechsel. Man kann daraus den Schluß ziehen, daß der R. einem kontinentalen Klima besser angepaßt ist als einem subkontinentalen oder gar maritimen. Eine weitere Aufgabe des hier erörterten Versuches war es, zu untersuchen, wie der R. auf niedrige Temperaturen reagiert und damit zusammenhängend, bei welchen Temperaturgraden er im Frühjahr den Boden verläßt.

Nach Tielecke (66) wird der R. in den Starrezustand versetzt, wenn die Temperatur unter $+2^0$ C sinkt. Ich möchte auf Grund meiner Beobachtungen ergänzend bemerken, daß dieser Schwellenwert anerkannt werden darf bei sinkenden Temperaturen. Bei steigenden setzt dagegen eine geringe Aktivität bereits bei $+0{,}5$ bis $+1{,}0^0$ C ein, die bis zu Schreitbewegungen führen kann. Nach meinen Beobachtungen scheint es notwendig zu sein, bei Feststellungen von Temperaturschwellen von Insekten zu berücksichtigen, daß je nach Veränderung in höhere oder tiefere Temperaturen in den Lebensäußerungen ein unterschiedliches Verhalten gezeigt wird. Hieraus ergibt sich, daß die Kältestarre bei dem R. zwar bei $+2^0$ C eintritt, dagegen werden die Tiere bei steigenden Temperaturen schon bei $0{,}5$—$1{,}0^0$ C wieder beweglich. Ich teile jedoch nicht die Ansicht von Pyatnitzki, daß die Käfer schon von $+2^0$ C ab befähigt sind, aus ihren Winterlagern eine Aufwärtsbewegung bis unmittelbar unter die Erdoberfläche auszuführen. Eine derartige Muskelarbeit ist nach meinen Beobachtungen erst bei $+6^0$ C möglich. Bei dieser Temperatur soll nach dem erwähnten Autor das Aufwärtswandern des R. bereits beendet sein. Nach Charkowski (7) beginnen die Käfer den Boden zu verlassen, wenn die Temperatur $+7^0$ C bis $+8^0$ C erreicht hat. Er ist der Ansicht, daß die Hauptmasse der Käfer bei einer Temperatur von $+10^0$ bis $+12^0$ C erscheint. Pyatnitzki stellte fest, daß die Käfer den Boden verlassen, wenn $+15$ bis $+18^0$ C Lufttemperatur herrschen. Steiner (62) beobachtete beim Auftreten der ersten Käfer in 15 bis 30 cm Bodentiefe $+9{,}8$ bis $+11^0$ C.

Nach Tielecke (66) erscheinen die Tiere von +8°C ab, nachdem sie vorher schon unmittelbar unter der Erdoberfläche bereitlagen.

Wie ich beobachten konnte, begann der R. bei einer Bodentemperatur von +7°C in 5 cm Tiefe massenweise auszuwandern, um am folgenden Tage bei +8°C in 5 cm Tiefe und +11°C der bodennahen Luft verstärkt zu erscheinen.

Ich stimme Tielecke zu, daß die Bodenfeuchtigkeit einen gewissen Einfluß auf den Schlupf der Käfer ausübt. Es schlüpften z. B. am 2. März 1952 bei +6°C in 5 cm Bodentiefe und +7°C in bodennaher Luft und besser abgetrocknetem Boden eine größere Zahl Käfer als am 26. 2. 52 bei höheren Temperaturen (+7°C in 5 cm Tiefe und 8°C in Bodennähe). Diese Beobachtungen konnten wiederholt gemacht werden. Bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 20% und darüber besaß der im vorliegenden Versuch verwendete lösartige Boden eine Adhäsion, die bewirkte, daß die an die Oberfläche kommenden Tiere stark mit Erde behaftet waren. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß physikalische Ursachen mitsprechen, wenn größere Feuchtigkeit des Bodens ein Schlüpfen ausschließt. Man kann bei Käfern, die aus feuchtem Boden hervorkommen, die behindernde Wirkung der Feuchtigkeit erkennen. Ich beobachtete z. B. am 9. 3. 52 Käfer bei +12°C in 5 cm Tiefe und +23°C Lufttemperatur aus Boden mit 23,17% Wassergehalt erscheinen, deren Hervorkriechen trotz der hohen Temperatur im Durchschnitt 45 Minuten dauerte. Der Käfer hinterläßt ein 5 bis 6 mm großes, kreisrundes Loch.

Nach Tielecke (66) mißt Pyatnitzki der Bodenfeuchtigkeitsabnahme bzw. dem Temperaturanstieg als Ursache für das Erscheinen der Käfer eine geringere Bedeutung bei. Der genannte Autor sieht als wichtigste Ursache die Reduktion des Fettkörpers an. Man kann aber Pyatnitzki in diesem Punkt nicht folgen, denn die Reduktion des gut entwickelten Fettkörpers ist beim R. bei den hier meist in Frage kommenden Temperaturbereichen nur geringfügig. Der eben erwähnte Autor macht die Beendigung des Winterschlafes vom CO_2-Gehalt des Bodens abhängig.

Es dürfte aber außer Zweifel stehen, daß die Temperatur die Stoffwechselvorgänge zunächst der Vant'Hoff'schen Regel folgend in Fluß bringt, an die die physiologischen Prozesse gebunden sind. Es bedarf wohl keiner besonderen Erläuterung, daß die Temperaturbedingungen den ausschlaggebenden Faktor für die Beendigung des Winterschlafes darstellen. Die Temperaturschwankungen der einzelnen Jahre bewirken ein außerordentlich unterschiedliches erstes Erscheinen des R. Eichler (12) berichtet über Käferwanderungen im Februar. Rozsypal (58) beobachtete die ersten Käfer in der Tschechoslawakei 1923 Mitte März und im folgenden Jahre erst Anfang Mai. Grindberg (22) stellte die ersten Käfer in Rumänien in der zweiten Märzhälfte 1922 fest. Negrash (52) beobachtete die ersten Käfer in der Gegend von Kiew in der Zeit vom 12. bis 25. April 1922. Eckstein (8) berichtet über Funddaten aus dem Gebiet von Usak (Türkei) aus den Jahren 1931 und 1932, die Anfang und in der zweiten Hälfte April liegen. Meliha Karman (50) teilt ebenfalls aus derTürkei mit, daß der Käfer überall in der Zeit des Aufganges der Rüben (Anfang bis Mitte März) auftritt.

Jablonowski (34) führt für ungarische Verhältnisse als Erscheinungszeit den 19. und 20. März an. Tielecke (66) gibt für das Erscheinen, die wechselnde Aktivität und den Beginn der Massenabwanderung phänologische Daten an und nennt den 27. 3. 50 für den Beginn des Käferschlupfes.

2. Überliegen

Das Überlagern bei manchen Insekten, wie z. B. der Kirschfruchtfliege *(Rhagoletis cerasi* L.) oder bei vielen Käfern, wie auch beim R. stellt eine der interessantesten biologischen Erscheinungen dar. Es handelt sich hier um eine Erscheinung, die offenbar in erster Linie univoltinen Formen zukommt. Aus bisher noch nicht ganz geklärten Gründen erscheinen die *Imagines* nicht in dem ihrem Entwicklungsjahre folgenden, sondern erst in späteren Jahren an der Erdoberfläche.

Dieses merkwürdige Phänomen lenkte schon früh die Aufmerksamkeit auf sich. Jablonowski (1909) befaßte sich als erster beim R. mit dieser Frage. Er hielt ein Überliegen für möglich und führte es auf harte Beschaffenheit des Bodens im Frühjahr zurück. Des weiteren berichtet Blattny (1938) aus der Tschechoslowakei, in den Jahren 1934/35 überliegende Käfer beobachtet zu haben und führt dies ebenfalls auf Trockenheit zurück. Nach ihm sind die Käfer nicht imstande, trockenen Boden zu durchbrechen. Kamenski und Mende (1939) berichten aus der Ukraine von einem 3-4jährigen Überlagern des R. Die angeführten Autoren sind der Ansicht, daß die Tiere dann im Boden verbleiben, wenn die Erdzellen (Puppenwiegen) unbeschädigt sind.

Demgegenüber haben Steiner (1936) und Eckstein (1938) in ihrem Beobachtungsbereich in der Türkei keine überliegenden Käfer feststellen können.

Nach Tielecke (66), der im Jahre 1950 ähnliche Untersuchungen durchgeführt hatte, kommen im mitteldeutschen Befallsgebiet deswegen keine Überlagerungen vor, weil die Hauptmasse der überwinternden Käfer in 10 cm Tiefe liegt und infolgedessen durch die Bodenbearbeitung der Frühjahrsbestellung erfaßt wird, wobei die den Schlafzustand bedingenden Erdzellen zerstört werden.

Um Nachprüfen zu können, welchen Einfluß das Pflügen im Herbst auf das Überlagern der Käfer hat, ließ ich 1951 im Hauptschadgebiet des Kreises Merseburg 130 m² eines stark befallenen Feldes ungepflügt, wodurch die Erdzellen unversehrt blieben.

Nach der entsprechenden Erwärmung des Bodens (Löß) im Frühjahr 1952 zeigte sich, daß die R. aus ihren Puppenwiegen eine ungelockerte Bodenschicht von 18 cm zu durchdringen vermochten.

Auf dieser Versuchsparzelle konnte ich im August 1952 je m² 2 überlagerte Käfer, und zwar beiderlei Geschlechtes feststellen. Die in Rede stehenden Tiere lagen in 12 bzw. 15 cm Tiefe. Ihre Gonaden waren unentwickelt wie bei Käfern, die zu normaler Zeit, d. h. im Frühjahr den Boden verlassen hatten. Auf der im Herbst 20 cm tief gepflügten Fläche desselben Ackers wurden keine überliegenden Käfer ermittelt. Dieser Umstand spricht dafür, daß ein Überlagern in Böden mit überwiegend zertrümmerten Käferzellen nicht oder selten in Betracht zu kommen scheint. Es muß allerdings betont werden, daß das betreffende Rübenfeld infolge der geringen Spannkräfte zumeist nur flach gepflügt worden war, so daß sich eine Pflugsohle in etwa 18 bis 19 cm gebildet hatte.

Die überlagerten Käfer zeigten ein normales Verhalten. Gereichtes Futter wurde bald angenommen. Es konnten Fraßmengen von 40 bis 45 mm² je Freßakt beobachtet werden, wie sie um diese Zeit üblich waren.

Ich schließe mich früheren Autoren an und halte ein Überlagern des R. ohne unverletzte Erdzellen (Puppenwiegen) für ausgeschlossen.

Die Erscheinung des Überliegens selbst kann man vielleicht auf eine CO_2-Anreicherung der Puppenwiegen zurückführen, die die Käfer in einen narkotischen Schlafzustand versetzt, in dem sich bei Gegenwart eines geringen O_2-Gehaltes und niedriger Temperatur außerordentlich verlangsamte Lebensvorgänge abspielen. Nach meinen Beobachtungen lösten sich die Tiere aus dem fraglichen Schlafzustand spontan und wurden aktiv.

Kamenski und Mende (36) berichten von einem 3—4jährigen Überliegen. Aus diesem Grunde führte ich im Mai 1953 auf der gleichen unbearbeitet gebliebenen Parzelle, auf der im September 1952 je m² überliegende Käfer festgestellt wurden, Bodenuntersuchungen durch. Die Untersuchungen ergaben, daß keine R. festzustellen waren.

Auf Grund meiner Beobachtungen halte ich ein einjähriges Überliegen vom R. auch unter den mitteldeutschen Verhältnissen für möglich, ein mehrjähriges scheint mir zumindest unwahrscheinlich zu sein.

3. Das Wandern

Die von Tielecke (66) aufgestellten phänologischen Daten gewähren zweifellos wertvolle Anhaltspunkte für einige Lebenserscheinungen des R. Allerdings ist bei diesem thermophilen Käfer zu beachten, daß er auf Temperaturschwankungen außerordentlich stark reagiert.

Am 8. April 1952 trat z. B. wärmeres Wetter ein, das bis zum 13. 4. 11°C in 10 cm Bodentiefe erreichen ließ, so daß an diesem Tage der Bodenschlupf und die Massenabwanderung zusammenfielen.

Wenn man nun die Frage aufwirft, ob es möglich ist, von einem Entwicklungsstadium einer Pflanze auf den Eintritt einer bestimmten Erscheinung bei einem Insekt als einem poikilothermen Lebewesen schließen zu können, so darf diese Frage grundsätzlich bejaht werden.

Die Genauigkeit, mit der hier eine Aussage über den Eintritt z. B. der Löwenzahnblüte gemacht wird, beruht darauf, daß kein feststehendes Datum als Ausgangspunkt dient, sondern der witterungsbedingte Zeitpunkt der Blüte — also ein relativer Wert — bis zu dem die pflanzenphysiologisch wirksamen Wetterfaktoren ein ganz bestimmtes Maß erreicht haben müssen. Im Jahre 1952 hatte sich gezeigt, daß dieses Maß bis zur Massenabwanderung des R. noch nicht erreicht gewesen war. Dies lag wahrscheinlich darin begründet, daß bis zum 8. 4. 1952 kühles Wetter herrschte. Die Bodentemperaturen betrugen in dem fraglichen Beobachtungsgebiet in 10 cm Bodentiefe bis zu dem in Rede stehenden Termin im Höchstfalle +6,4°C. Das ist bekanntlich eine Temperatur, die das Pflanzenwachstum noch nicht besonders fördert, wohl aber ausreicht, eine Aufwärtsbewegung des R. im Boden auszulösen. Die nach dem 8. 4. 1952 eingetretene rasche Erwärmung des bis dahin bereits abgetrockneten Bodens führte zu einem plötzlichen Erscheinen und einem ebenso schnellen Abwandern der Tiere.

Der Höhepunkt der Abwanderung fiel auf den 12., 13. und 14. 4. 52. Zur gleichen Zeit wanderte auch in großen Massen *Brachyrrhinus ligustici* L., den v. Lengerken am 13. 4. 52 bei Mötzlich beobachtete. Viele der als *Imagines* überwinternden *Curculioniden* erscheinen im Frühjahr bei geeigneten Temperaturen zeitig. In diesem Zusammenhang erwähne ich neben den genannten *Stenocarus fuliginosus* Mrsh., *Ceuthorrynchus napi* Gyllh., *Tanymecus palliatus* Fabr. und *Sitona lineata* L.

Das häufig beobachtete plötzliche Erscheinen und massenhafte Abwandern bei raschem Eintritt warmen Wetters im Hauptschadgebiet des Kreises Merseburg hat in der Praxis zu der Ansicht geführt, daß die Halden damit ursächlich in Zusammenhang stehen würden. Daß hier nur eine mittelbare Beziehung gegeben sein kann, erklärt sich daraus, daß die R. nur auf den Rübenfeldern überwintern, auf denen sie die Entwicklung durchgemacht hatten.

Von einem ausgesprochenen Wandertrieb können wir beim R. nicht sprechen. Wenn der Käfer wandert, dann ist es in erster Linie der Nahrungs- bzw. Geschlechtstrieb, die ihn veranlassen, mehr oder weniger lange Strecken zurückzulegen.

Nach meinen Beobachtungen läuft ein eben an der Oberfläche erschienener Käfer bei geeigneten Witterungsverhältnissen zunächst planlos umher. An der Wanderstrecke stehende Pflanzen werden dabei mit den Fühlern sorgfältig geprüft, wie ich es in den Futterversuchen oft beobachten konnte. Man darf aus dem Verhalten der Käfer schließen, daß die Nahrungssuche im Frühjahr den hauptsächlichsten Antrieb zu Wanderungen darstellt.

Daß die Käfer beim Verlassen der Winterquartiere zunächst wahllos nach allen Richtungen laufen, wurde auch von CHARKOWSKI (7), STEINER (62) und ECKSTEIN (8) beobachtet. Nach TIELECKE beobachtete PYATNITZKI, daß der R. vorzugsweise nach Nord oder Süd wandert.

Auch ich stellte fest, daß der wärmeliebende Käfer, der je nach Witterung morgens um 9.00 bis 9.30 Uhr oder später zu wandern beginnt, bei seinen Wanderungen oft die größte Fläche seines Körpers sonnenwärts richtet. Daß die Sonne einen gewissen Einfluß auf die Wanderrichtung auszuüben scheint, erhellt auch die von mir angestellte Beobachtung, daß die Käfer bei warmem Wetter mit grellen Strahlen der Sonne abgewendet wandern.

Die Käfer bevorzugen zum Wandern ebene, nicht bewachsene Flächen. Nach PYATNITZKI sollen die Tiere vornehmlich gegen den Wind ziehen, was reizphysiologisch nicht ausgeschlossen zu sein scheint, da die durch einen mäßigen Wind herangetragenen Düfte des frischen Grüns den nahrungssuchenden Käfern eine Reizquelle sind.

Für das Ausbreitungsvermögen kommt der Wandergeschwindigkeit Bedeutung zu. ECKSTEIN (8) war es, der zuerst festzustellen versuchte, in welchem Tempo die R. wandern. Er setzte gezeichnete Käfer aus und ermittelte die zurückgelegten Wegstrecken. Es ergaben sich dabei im Durchschnitt Entfernungen von 200 m pro Tag. PYATNITZKI kam fast zu gleichen Resultaten, indem er eine Strecke von 158 bis 297 m pro Tag feststellte. CHARKOWSKI (7) gibt als höchste Wandergeschwindigkeit 900 m/Tag an.

TIELECKE (66) weist darauf hin, daß die Käfer beim Wandern Pausen einlegen, so daß die von CHARKOWSKI (7) angegebene Strecke theoretisch möglich wäre, aber praktisch niemals erreicht werden dürfte.

Wir betonten bereits, daß der Beginn der Abwanderungen Schwankungen unterworfen sei, je nach den herrschenden Witterungsverhältnissen. CHARKOWSKI (7) beobachtete beispielsweise in der Ukraine 5 Wellen des Abwanderns, und zwar am 15. und 25. 4. bzw. 8., 13. und 19. 5. 1935 und im folgenden Jahre 3 Wogen, die auf den 16. bis 17. 4., 26. und 27. bis 30. 4. 1936 fielen. STEINER (62) berichtet aus der Türkei aus dem Jahre 1934 den 26. und 27. 3. als Tage des Abwanderungsbeginns, wobei die Temperatur im Schatten +22,2 bis +24,7° C betrug. Nach TIELECKE (66) beobachtete KOZLOVA im Norden der Ukraine, daß die Abwanderungen des R. Anfang Mai beginnen.

Stufen des Abwanderungsgeschehens der Käfer nach TIELECKE, Krs. Merseburg, 1950

Stufen	Daten	Zahl der ges. Käfer in einem Fanggraben	Prozentualer Anteil der Geschlechter ♂♂	♀♀	Phänologische Daten
Beginn	19. 4.–28. 4.	149	63	37	In Blüte: Löwenzahn
Höhepunkt	29. 4.–8. 5.	622	51	49	In Blüte: Süßkirsche, Pflaume, Aufbruch der Kastanienknospen
Abfall	9. 5.–18. 5.	220	35	65	In Blüte: Spätapfel
Ende	19. 5.	79	27	73	In Blüte: Kastanie, Kuckucksnelke

Da nicht nur der Beginn der Massenabwanderung, sondern auch der Ablauf weitgehend witterungsabhängig ist, wird man zu sicheren phänologischen Daten erst durch mehrjährige Beobachtungen gelangen können.

4. Der Flug

Über das Flugvermögen machen verschiedene Autoren unterschiedliche Angaben. JABLONOWSKI (34) berichtet von Schwarmflügen Mitte Mai in Höhe von Akazienbäumen, die 30 bis 40 km zurücklegten. ECKSTEIN (8) führt in seinen Berichten an, in der Türkei einmal einen Massenflug von etwa 200 Käfern beobachtet zu haben, und zwar in einer Höhe von ungefähr 6 m. Er hält das Verbreiten durch Flug für bedeutsam. STEINER (62) vertritt dagegen die Ansicht, daß die R. nur gelegentlich fliegen und hauptsächlich wandern. Nach CHARKOWSKI (7) fliegen nur solche Käfer, die noch nicht zum Fraß und zur Kopulation übergegangen sind. Außerdem beobachtete er, daß eierlegende Weibchen nicht mehr fliegen.

Käferschwärme wurden auch von GROF (23) in Ungarn beobachtet, und zwar in 5 bis 6 m Höhe, die nach Ansicht des genannten Autors mehrere Hundert m bis kilometerweit flogen.

TIELECKE (66) bestätigt die Angaben von CHARKOWSKI (7), daß zum Fluge bestimmte Witterungsbedingungen erfüllt sein müssen. Er gibt eine Mindesttemperatur von +22° C an, die bei sonnigem Wetter vorhanden sein muß, um die Käfer zum Fluge anzuregen. v. BUDDENBROCK teilt, zitiert nach v. LENGERKEN (43), die Insekten nach der Art ihres Fluges in Schwirrer und Flatterer ein, zwischen denen es Übergangsformen gibt. Der Schwirrflug ist durch schnelle Vibration der Flugorgane ausgezeichnet, wobei brummende bis singende Töne entstehen. Ein schwirrendes Insekt, zu dieser Gruppe ist der R. zu stellen, muß vor dem Abfliegen entweder mit den Flügeln selbst oder mit besonderen Hilfsorganen hinsichtlich der Frequenz langsam zunehmende Vibrationen ausführen, um dann plötzlich mit großer Anfangsgeschwindigkeit abzufliegen.

Wenn die Voraussetzungen zum Flug gegeben sind, dann läuft der R. mit leicht nach vorn gerichtetem Rüssel und schräg nach oben stehenden Fühlern aufgeregt und lebhaft umher. Er sucht einen erhöhten Platz auf, pumpt mehrfach mit dem Körper, hebt ruckartig abwechselnd die Extremitäten und, nachdem die Elytren schräg hochgestellt sind, treten die Alae in Flugstellung und zugleich in Tätigkeit, bei der brummende Töne entstehen.

Nach meinen Beobachtungen ist der R. zu nennenswertem aktivem Fliegen nicht befähigt. Sein Flugvermögen gestattet nur einen Startflug von 30 bzw. 40 cm. Zu einem passiven „Streckenflug" kann es nur dann kommen, wenn eine entsprechende Luftbewegung den gestarteten Käfer hinwegträgt. Ich habe im Gegensatz zu TIELECKE (66) nicht beobachten können, daß die Fluglust sich durch das Hervorschauen der häutigen Flügelspitzen ankündigt. In meinen Beobachtungsfällen wurden stets die Deckflügel zuerst aufgerichtet und dann erst die Hinterflügel entfaltet. Es kam aber häufig vor, daß die Unterflügel nach beendigtem Start nicht sofort in ihre richtige Ruhelage gebracht wurden und mit den Spitzen noch hervorragten, bis das Tier einen wiederholten Flugversuch unternahm. Zuweilen blieb die Flügelspitze tagelang sichtbar. Nicht selten beobachtete ich, daß die Käfer außerstande waren, die *Elytren* aufzurichten. Oft gelang es den Tieren, nur einen — entweder den linken oder rechten Deckflügel — in Flugstellung zu bringen. Manche Käfer vermochten die Elytren nur leicht anzuheben. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß das abwechselnde, ruckartige Aufsetzen der Beine als vorbereitende Maßnahme zum Abflug stimulierend wirkt. Im großen und ganzen darf nach den gemachten Beobachtungen festgestellt werden, daß das Flugvermögen des R. sehr begrenzt ist. Geschlechtsunterschiede im Hinblick auf die Flugfähigkeit ließen sich nicht feststellen. Am 20. 5. 51 beobachtete ich einen Käfer, der zum Fluge starten wollte, aber nur in eine Höhe von 25 cm gelangte.

In unseren Versuchen zeigte nur ein Teil der Käfer Neigung zum Fliegen,

und zwar im Jahre 1951 35 % und 1952 35 % der Versuchstiere. Es darf darum nicht verwundern, wenn im Freiland nur selten fliegende Käfer beobachtet werden.

In Jahren mit hohen Populationsdichten, wie z.B. 1948, in dem sich ein Bevölkerungsdruck ergab, kam es — wie bereits erwähnt — zu Massenflügen. Die Hauptausbreitungsrichtung wird in solchen Fällen selbstverständlich durch die Windrichtung bestimmt.

Die Untersuchungen über Fluggewohnheiten führte ich in Glasschalen aus, die 5 cm Kantenhöhe und 12 cm Durchmesser hatten. Die Käfer überflogen in keinem Fall die Gefäßwände. Ein Flugakt dauerte 2—2,5 Sekunden. Die Tiere zeigten in diesen Versuchen nur dann Fluglust, wenn die Temperatur +22° C und darüber lag und zudem sonniges Wetter herrschte. Lediglich vereinzelte Tiere neigten bereits bei +19,5° C zum Fliegen. Ich stimme mit Tielecke (66) überein, daß neben Sonnenschein im allgemeinen eine Mindesttemperatur von +22° C gegeben sein muß, um die Tiere zum Flug zu stimmen. In den angeführten Versuchen war Fluglust in der Zeit vom 15. Juni bis Mitte August zu beobachten. Die Flugaktivität war im Juni am größten. Neigung zum Fliegen zeigten im Höchstfalle 35 % der angesetzten Käfer, was auf Feldverhältnisse übertragen unter bestimmten Bedingungen (Nahrungsmangel) bei geeigneten Witterungsverhältnissen Schwarmflüge für durchaus möglich erscheinen läßt, wie sie aus dem Jahre 1948 bekannt wurden.

Eine besonders starke Aktivität im Fliegen ist dann zu beobachten, wenn nach tagelangem, trübem Wetter plötzlich warme und sonnige Witterung einsetzt.

Die Tiere beginnen im allgemeinen um 10.00 Uhr mit dem Flug. Die Flugtätigkeit ist in der Regel um die Mittagszeit am größten.

5. Thanatose

Die Käfer besitzen zum Schutze gegen ihre Feinde bekanntlich sehr verschiedenartige Einrichtungen. Sie treten nicht selten in zweck- und sinnvoller Weise mit anderen Schutzvorrichtungen kombiniert auf. Beim R. finden wir eine Umgebungstracht in Verbindung mit der Fähigkeit zum Totstellreflex, zur Thanatose.

Unter einer solchen Tracht hat man eine Färbung zu verstehen, die der Umgebung weitgehend angepaßt ist. Mit Thanatose bezeichnet v. Lengerken (40) eine reflektorische, hypertonische, tetanische Akinese. Der veränderte Muskeltonus wird primär durch Änderung des Nerventonus ausgelöst, und zwar sind es die Lokomotionszentren (für die Extremitäten also die Brustganglien, für die Antennen und Mandibeln das Gehirn), die auf afferente Reize hin den hypertonischen, akinetischen Zustand der Körperanhänge bewirken.

Nach dem Verhalten der Extremitäten im Thanatosezustand unterscheidet v. Lengerken (40) 1. steifes Wegstrecken, 2. Krümmen und 3. völliges Anlegen an den Körper.

Das Verhalten der Antennen ist je nach Käferart verschieden. Die Lagebeziehung zur Sagitallinie des Körpers betreffend, ist zwischen symmetrischer und asymmetrischer Beinstellung zu unterscheiden. Wir finden beim R. nach meinen Beobachtungen ein symmetrisches und steifes Wegstrecken

aller Körperanhänge. Käfer, die sich auf Pflanzen befinden, fallen bei Eintritt des Thanatosezustandes herab und zeigen die geschilderte Beinhaltung. Gelegentlich trifft man auf Pflanzen Tiere an, die ein abweichendes Verhalten zeigen, indem sie nicht in die übliche Thanatose verfallen, sondern auf der Pflanze bleiben und bewegungslos verharren, bis die Gefahr vorüber ist.

Die Dauer des Thanatosezustandes betrug im Durchschnitt bei den ♂♂ 15,6 und bei den ♀♀ 16,8 Sekunden (n = 140), und zwar in einem Temperaturbereich von +14 bis +20°C. Ein Männchen erreichte bei +16°C eine maximale Dauer von 125 Sekunden.

6. Geschlechterverhältnis und Lebensdauer

In der Literatur finden sich verschiedene Ansichten über die Veränderungen des Geschlechterverhältnisses in den einzelnen Monaten. Ebenso besteht gegenwärtig noch keine einheitliche Meinung über die Lebensdauer der Geschlechter.

Die Ergebnisse unserer Beobachtungen sind aus Übersicht 7 zu entnehmen. Im April überwog das männliche Geschlecht, was innerhalb des Fehlerbereiches liegen und nicht auf einem früheren Erscheinen der Männchen beruhen dürfte. Im Mai, dem Monat des Kopulationsbeginns, kehrte sich das Verhältnis um, war aber praktisch 1:1. Im Juni und Juli überwogen dagegen die Weibchen, was unzweifelhaft mit einer größeren Aktivität des weiblichen Geschlechts während der Eiablage zusammenhängt, und zwar insofern, als die Männchen in der Legeperiode im allgemeinen eine etwas versteckte Lebensweise führen und dadurch dem Sammeln oft entgehen. In dieser Zeit wird man das Geschlechterverhältnis nach dem Eintritt der Geschlechtsaktivität der Männchen von 14.00 Uhr ab am besten ermitteln können.

Während Tielecke (66) seit dem 26.7.1950 keine lebenden R. mehr im Freiland feststellen konnte, waren 1951 vereinzelte Käfer noch bis 6.8. zu beobachten. Im Jahre 1951 hatte sich die Eiablage bis Anfang August ausgedehnt. Das Verhältnis Männchen zu Weibchen betrug bei den wenigen Funden im August 1,0 : 1,8.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, daß beide Geschlechter fast in vollem Umfange das gleiche Lebensalter erreichen. Den Ansichten von Steiner (62) und Tielecke (66), beide Geschlechter des R. hätten eine gleich lange Lebensdauer, kann ich mich auf Grund meiner Versuche nicht anschließen.

7. Die Genitalanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Histologie der Gonaden

a. Material und Methode

Das zu den Präparationen und zur Anfertigung von Schnitten erforderliche Käfermaterial wurde dem Freilande zu verschiedenen Jahreszeiten (1951) entnommen und frisch verarbeitet. Auf diese Weise sollte erreicht werden, ein den Freilandverhältnissen entsprechendes Bild von dem Entwicklungsablauf der Genitalanlagen zu erhalten.

Die Käfer bereitete ich zum Fixieren in *Carnoy* wie folgt vor: Nachdem der Kopf, *Prothorax*, die *Elytren* und Flügel entfernt waren, wurde das *Tergum* beiderseits von vorn nach hinten vom *Sternum* gelöst, um ein besseres

Übersicht 7

Das Geschlechterverhältnis in den einzelnen Monaten des Jahres 1951

Lfd. Nr.	Datum	Ort, Kreis	Käferzahl			Verhältnis
			Insges.	♂♂	♀♀	
1	6. 4.	Alberstedt, Querfurt	14	8	6	1,3 : 1,0
2	17. 4.	Milzau, Merseburg	40	18	22	1,0 : 1,2
3	24. 4.	Milzau, Merseburg	22	14	8	1,8 : 1,0
4	24. 4.	Milzau, Merseburg	7	4	3	1,3 : 1,0
5	24. 4.	Bad Lauchstädt, Merseburg	195	100	95	1,1 : 1,0
6	24. 4.	Milzau, Merseburg	5	2	3	1,0 : 1,5
7	25. 4.	Alberstedt, Querfurt	94	67	27	2,5 : 1,0
		Monat April:	377	213	164	∅ 1,3 : 1,0
8	2. 5.	Esperstedt, Querfurt	170	89	81	1,1 : 1,0
9	2. 5.	Milzau, Merseburg	14	6	8	1,0 : 1,3
10	16. 5.	Seeburg, Eisleben	2	2	0	2,0 : 0,0
11	20. 5.	Unt. Teutschenthal, Saalkreis	5	3	2	1,5 : 1,0
12	22. 5.	Blösien, Merseburg	30	15	15	1,0 : 1,0
13	22. 5.	Milzau, Merseburg	20	10	10	1,0 : 1,0
14	22. 5.	Milzau, Merseburg	327	165	162	1,0 : 1,0
15	22. 5.	Bad Lauchstädt, Merseburg	29	7	22	1,0 : 3,1
16	22. 5.	Bad Lauchstädt, Merseburg	8	0	8	0,0 : 8,0
17	22. 5.	Bad Lauchstädt, Merseburg	6	2	4	1,0 : 2,0
18	22. 5.	Milzau, Merseburg	40	20	20	1,0 : 1,0
19	30. 5.	Milzau, Merseburg	25	0	25	0,0 :25,0
20	30. 5.	Milzau, Merseburg	151	49	102	1,0 : 2,6
		Monat Mai:	827	368	459	∅ 1,0 : 1,2
21	9. 6.	Milzau, Merseburg	22	11	11	1,0 : 1,0
22	16. 6.	Milzau, Merseburg	10	0	10	0,0 :10,0
23	16. 6.	Milzau, Merseburg	12	3	9	1,0 : 3,0
24	16. 6.	Milzau, Merseburg	3	1	2	1,0 : 2,0
25	26. 6.	Milzau, Merseburg	17	0	17	0,0 :17,0
26	26. 6.	Milzau, Merseburg	1	0	1	0,0 : 1,0
27	26. 6.	Milzau, Merseburg	157	36	121	1,0 : 3,4
		Monat Juni:	222	51	171	∅ 1,0 : 3,4
28	3. 7.	Milzau, Merseburg	34	17	17	1,0 : 1,0
29	3. 7.	Milzau, Merseburg	166	63	103	1,0 : 1,6
30	3. 7.	Milzau, Merseburg	20	0	20	0,0 :20,0
31	3. 7.	Milzau, Merseburg	2	1	1	1,0 : 1,0
32	6. 7.	Milzau, Merseburg	29	8	21	1,0 : 2,3
33	17. 7.	Milzau, Merseburg	170	56	114	1,0 : 2,0
34	24. 7.	Milzau, Merseburg	20	8	12	1,0 : 1,5
35	27. 7.	Milzau, Merseburg	9	6	3	2,0 : 1,0
36	27. 7.	Milzau, Merseburg	19	4	15	1,0 : 3,8
		Monat Juli:	469	163	306	∅ 1,0 : 1,9
37	4. 8.	Milzau, Merseburg	9	3	6	1,0 : 2,0
38	4. 8.	Milzau, Merseburg	6	3	3	1,0 : 1,0
39	4. 8.	Milzau, Merseburg	2	0	2	0,0 : 2,0
		Monat August:	17	6	11	1,0 : 1,8
		Insgesamt:	1912	801	1111	∅ 1,0 : 1,4

Eindringen des Fixierungsmittels zu ermöglichen. Das *Carnoy*-Gemisch durchdrang die Präparate schnell und gleichmäßig und erwies sich damit als brauchbar. Die Fixierungsdauer betrug 15 Minuten und reichte für die Größe der Präparate aus. Nach Durchlaufen der Alkoholreihe wurde in destilliertem Wasser präpariert, danach entwässert und über Benzol in Paraffin eingebettet.

Die Schnitte wurden in einer Dicke von 6 oder 10 u hergestellt.

Zum Färben verwendete ich Eisenhämatoxylin mit einer Färbedauer von 4 Minuten.

Die zu den Aufnahmen benutzten Okulare und Objektive werden jeweils bei den Bildern angegeben.

b. Die männlichen Genitalanlagen

Beim R. finden wir 2 Hoden, von denen jeder aus 2 rosettenförmigen Testikeln besteht. Sie liegen getrennt voneinander und werden von einer dünnen Peritonealhülle umgeben. Jeder Testikel setzt sich aus 35 scheibenförmigen Follikeln zusammen. Zwischen den einzelnen Follikeln, die von einer einschichtigen Wand eingefaßt sind, verlaufen Kanälchen, in denen die Spermien in ein Sammelbecken geleitet werden. Von hier erfolgt die Weiterleitung durch die *Vasa efferentia* in die mehrteilige *Vesicula seminalis*. Die im unreifen Geschlechtsorgan vollkommen unentwickelten Samenblasen ähneln im Aussehen einer Maulbeere. Unmittelbar an der Mündungsstelle der *Vasa efferentia* in die *Vesicula seminalis* befindet sich eine Erweiterung, in die die zunächst noch unentwickelten paarigen Anhangsdrüsen führen. In den genannten Drüsen ließ sich eine chitinige Intima nicht nachweisen. Ich glaube daher, zu der Annahme berechtigt zu sein, daß es sich bei ihnen um mesodermale Bildungen handelt. Es dürften demnach nicht Ektadenien, sondern Mesadenien vorliegen.

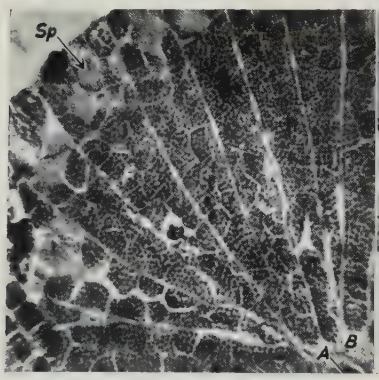


Abb. 12

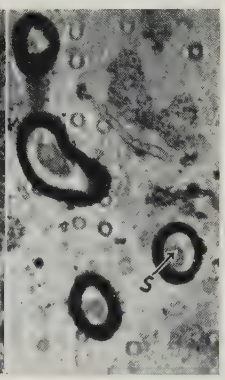


Abb. 13

Abb. 12. Querschnitt durch die männliche Gonade, A – Ausführkanal, B – Sammelbecken, F – Follikel, Sp – Beginn der Spermatogenese, Ok. 12, Obj. 6/0,16. – *Abb. 13.* Querschnitt durch die männliche Anhangsdrüse, S – Sekret, Ok. 6/0,16

Die Samenblase weist mehrere Kammern auf. In ihr mischen sich die Spermien mit der in den Anhangsdrüsen sezernierten Samenflüssigkeit.

Wenn die Käfer im Frühjahr den Boden verlassen, dann lassen die Hoden meist ein homogenes Zellmaterial erkennen. Nach wenigen Tagen setzen die Vermehrungszellteilungen ein. Es muß hervorgehoben werden, daß bei vielen Käfern schon in der Zeit des Erscheinens im Frühjahr die ersten Zellteilungen stattgefunden haben. Daraus ergibt sich, daß das Zellmaterial schon frühzei-

tig bereitgestellt wird, was den Schluß nahelegt, daß beim R. endogen durchaus die Voraussetzungen für eine frühe Entwicklung gegeben sind. Das gleiche trifft auch für andere Rüsselkäfer-Arten, wie z. B. für *Sitona lineata* L. und *Anthonomus pomorum* L. zu.

Die Bildung der Spermien setzte 1951 im allgemeinen vom 24. 4. ab ein und begann in der peripheren Region (Abb. 12). Die Vermehrungsteilungen waren um diese Zeit abgeschlossen. Fast gleichzeitig trat in den Anhangsdrüsen die Sekretion der Samenflüssigkeit ein (Abb. 13).

Das Jahr 1951 war durch ein spätes Frühjahr ausgezeichnet, so daß man in der Annahme nicht fehlgeht, daß in Jahren mit zeitigem und warmem Frühjahr mit einem wesentlich früheren Beginn der Spermienbildung zu rechnen ist.

c. Die weiblichen Genitalanlagen

Lage im Körper

Der weibliche Geschlechtsapparat ist beim R. in der üblichen Weise ventral im Abdomen gelegen. Die *Ovariolen* umschließen den Mitteldarm und verlaufen gegeneinander dorsal nach vorn. Die Endfäden der 2 äußeren Eischläuche nehmen die der inneren auf und vereinigen sich zu einem Strange, der unmittelbar unterhalb der Aorta verläuft, so daß der Eindruck erweckt wird, er wäre mit der Aortenwand verwachsen. Um zu klären, inwieweit dies zutrifft, sind nach meiner Ansicht histologische Untersuchungen notwendig. Die Klärung dieser Frage soll späteren Arbeiten vorbehalten bleiben. Der Endstrang verläuft parallel zur Aorta und ist unterhalb der Austrittstelle vom Meta- zum Mesothorax an der etwas hervortretenden Wand befestigt.

Die Ovariolen

Nach der Einteilung von Stein (1817) haben die Rüsselkäfer gezweite *Ovarien* mit unterständigen Eierkelchen. Die Zahl der Ovariolen beträgt, soweit bekannt ist, stets 4. In der Regel schwankt die Anzahl der Eischläuche desto mehr je größer ihre Zahl ist, wie ich bei vergleichenden Betrachtungen festgestellt habe. Eine Konstanz wie bei Curculioniden, z. B. bei *Anthonomus pomorum* L., *Liophleus tessulatus* Müll., *Brachyrrhinus ligustici* L., *Sitona lineata* L. und *Cl. piger* Scop. (Abb. 14 und 15) findet sich nur selten. Sie wird vielleicht nur bei Käferfamilien oder Gattungen anzutreffen sein, die eine geringe Zahl von Eischläuchen aufweisen. Bereits bei *Silphiden* besteht eine beachtliche Uneinheitlichkeit im Hinblick auf die Anzahl der Ovariolen:

Art	Zahl der Eiröhren
Thanatophilus rugosus L.	7
Thanatophilus sinuatus F.	7
Oeceoptoma thoracica L.	7
Blitophaga opaca L.	12
Blitophaga undata Müll.	12
Xylodrepa quadripunctata L.	7
Silpha obscura L.	12
Silpha tyrolensis Laich.	7
Silpha tristis L.	12
Phosphuga atrata L.	7

Die *telotrophen* Ovarialschläuche vom R. haben im unentwickelten Zustande eine Länge von 6,5 mm und sind bei entwickelten nicht nennenswert länger. Nach v. LENGERKEN findet man die Eischläuche in der Regel desto länger, je geringer ihre Zahl ist. Die angeführte Regel bestätigt sich beim R. bzw. bei *Cl. piger* Scop.

Bereits JABLONOWSKI (34) wies darauf hin, daß die Geschlechtsorgane der im Frühjahr aus den Überwinterungsquartieren kommenden Tiere unentwickelt seien. Diese Feststellung bezieht sich weniger auf die Längenzunahme als vielmehr auf die mit der *Oogenese* einhergehende Dickenzunahme der Ovariolen, die an der Basis beginnt. Nach meinen Beobachtungen ist die Dickenzunahme der *Germarien* im Verhältnis zu derjenigen des *Vitellariums* gering.

Was die Entwicklung der *Gonaden* anbelangt, so scheinen zwischen den einzelnen Jahren beträchtliche Unterschiede zu bestehen. TIELECKE (66) stellte an Käfern, die er am 1. 5. 51 dem Freilande entnommen hatte, noch völlig schlaffe *Germarien* fest.

Demgegenüber zeigte sich in unseren Untersuchungen bei Tieren, die ich am 20. 3. 51 dem Felde entnahm, daß die peritoneale Hülle der Nährkammern bereits gespannt war. Der histologische Befund ergab, daß nicht nur eine homogene Zellsubstanz bereitgestellt worden war, sondern daß sich eine weitgehende Differenzierung der Zellen eingeleitet hatte, die am distalen Ende am weitesten fortgeschritten war.

Nach diesen Untersuchungsergebnissen darf man annehmen, daß hinsichtlich der Bereitstellung des Zellmaterials die Verhältnisse im weiblichen Geschlecht denen im männlichen in Parallele gesetzt werden können.

Wir glauben, die verschiedenen Entwicklungsgrade im Frühjahr auf ein unterschiedliches Lebensalter zurückführen zu können. Käfer, die bereits im Juli schlüpften, scheinen sich unter dem Einfluß höherer Bodentemperatur bis zu einem gewissen Grade weiterzuentwikkeln. Die *Oocyten* beginnen vor ihrem Eintritt in das *Vitellarium* zu wachsen und bewirken eine gewisse Dickenzunahme des Germariums (Abb. 16 und 17).

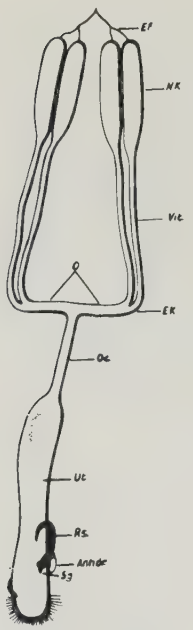


Abb. 14. Weibliche Genitalanlagen von *Cleonus piger* Scop.

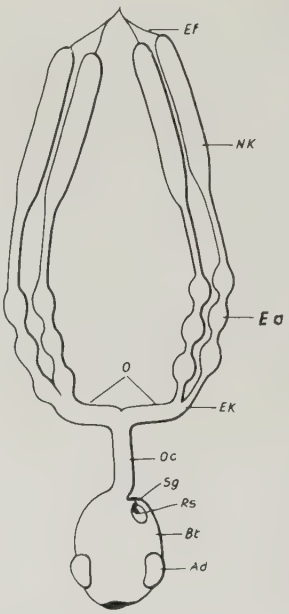


Abb. 15. Weibliche Genitalanlagen von *Bothynoderes punctiventris* Germ. Fortgeschrittene Ei-Entwicklung

Die legereifen Eier gleiten zunächst in den Eierkelch und von hier in den kontraktilen Teil, den Eileiter. Eierkelch und Eileiter sind gleichzeitig Speicherorgane für die legereifen Eier, was dagegen nicht zutrifft für den unpaaren Oviduct. Hat der Eileiter 1 Ei in den mit einer kräftigen Wandmuskulatur ausgestatteten *Oviductus communis* geleitet, so wird es von ihm reflektorisch durch eine Kontraktionswelle weitergeleitet. Im *Oviduct* selbst wurden daher niemals Eier angetroffen.

Während der Ausleitung erfolgt die Befruchtung der Eier, und zwar nach v. Lengerken (40) an der Stelle, an der der Samengang in den *Oviductus communis* mündet. Der Samengang des *Receptaculums*, das in diesen Gang und in eine Samenkapsel gegliedert ist, mündet in dem Winkel, der vom Eiergang und der Genitalkammer gebildet wird.

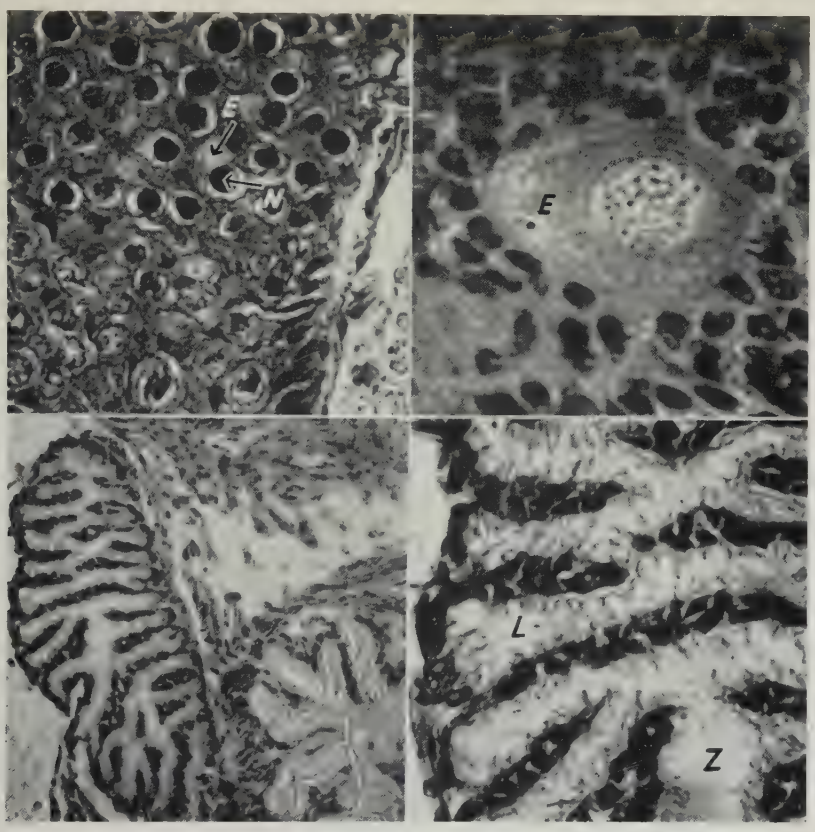


Abb. 16. (oben links). Längsschnitt durch das Germarium, stark vergrößert. E – Eizelle, N – Nährzelle, Ok. 10, Obj. 24/0,42 – *Abb. 17.* (oben rechts). Längsschnitt durch das Germarium, E – Eizelle in Entwicklung fortgeschritten, Ok. 12, Obj. 24/0,12 – *Abb. 18.* (unten links). Längsschnitt durch die weibliche Anhangsdrüse, tangential, Ok. 10, Obj. 24/0,42. – *Abb. 19.* (unten rechts). Längsschnitt durch die weibliche Anhangsdrüse, Z – Zentralkanal, L – Lamellenzwischenraum, Ok. 10, Obj. 24/0,42

Die Anhangsdrüsen

Als weitere Anhänge der Genitalkammer erwähnen wir die bilateral angeordneten accessorischen Drüsen. Sie sind verschiedenartig geformt und haben vielerlei Funktionen, wie z. B. das Schmieren beim Vorstülpen des weiblichen Apparates. Ferner liefern diese Drüsen den Klebstoff zum Befestigen der Eier auf der Unterlage oder zur Bildung von Kokons usw.

Beim R. scheinen die Anhangsdrüsen nach meinen Beobachtungen keine andere Funktion zu haben, als das Sekret zu liefern, das den abgelegten Eiern zum Schutz gegen ungünstige Einflüsse beigegeben wird; denn der Sekrettropfen tritt jeweils unmittelbar nach der Eiablage aus. Zunächst noch klein,

etwa 0,5 mm lang, erreichen die Drüsen durch die funktionelle Beanspruchung 1,1 bis 1,2 mm Länge. Enden sind verjüngt. Die Zweiteilung des Organs in einen drüsigen, sezernierenden Teil und einen solchen, der das Sekret aufnimmt, wie wir sie z. B. beim Maikäfer (*Melolontha melolontha* L.), bei dem Gartenlaubkäfer (*Phyllopertha horticola* L.) und bei den *Cetonia*-Arten antreffen, liegt beim R. nicht vor. Die Anhangsdrüsen sind hier einteilig (Abb. 18) und bestehen aus einem sekretorisch tätigen Gewebe, das eine deutliche Kammerung erkennen läßt. Die Kammern sind durch einen zentral verlaufenden Kanal verbunden, der am distalen Ende austritt, in der Nähe der Genitalöffnung mündet und das Ausleitungsorgan für das Sekret darstellt (Abb. 19). Der Austritt des Sekretes unmittelbar nach dem Legeakt wird durch Kontraktion der Anhangsdrüsen bewirkt.

XII. Natürliche Feinde

1. Vögel

In der Literatur stößt man auf verschiedene Angaben über die Rolle, die insektenfressende Vögel in der Vertilgung des R. spielen. Nach Tielecke werden von Vostikov aus dem sowjetischen Befallsgebiet Krähen und Stare genannt, die den Käfern nachstellen sollen. Jablonowski (34) hält Krähen für in Frage kommend, während Eckstein (8) aus der Türkei berichtet, daß der genannte Vogel nicht in Betracht kommt. Wie Afif Gediz brieflich mitteilte, kommt den insektenfressenden Vögeln beim R. keine nennenswerte Bedeutung zu. Blattny (3) zählt zur Vertilgung des R. Krähen, Möwen (in der Marchebene) und Truthühner auf. Greis (21) berichtet dagegen, daß der R. von Vögeln nicht gefressen wird. Nach Tielecke (66) haben Allkseev und Shschepcpil'nicova festgestellt, daß Haushühner zum Bereinigen von Befallsfeldern gut zu verwenden sind. Eichler (12) bezweifelt die Aufnahme des R. durch Rebhühner.

Nach unseren Untersuchungen und Beobachtungen kommt den Fasanen und Rebhühnern unter den insektenvertilgenden Vögeln in der Vernichtung vom R. die weitaus größte Bedeutung zu.

Da dieser Schädling zu den im Frühjahr zuerst erscheinenden Insekten zählt, werden zahlreiche Käfer vor ihrer Fortpflanzung vernichtet.

2. Die Raubinsekten

Dem R. stellen eine Reihe Insekten nach. Zu nennen sind *Carabiden, Meloiden, Silphiden* und *Histeriden.* In der sowjetischen Literatur werden folgende Käfer angeführt: *Hister fimetarius* Herbst, *Pterostichus melas* Creutz, *Amara apricaria* Payk., *Poecilus cupreus* L., *Ophonus griseus* Müll., *O. calceatus* Dutt. und *Harpalus psittaceus* Foure. Nach Steiner (62) wird der in Rede stehende Schädling von *Zabrus plapoides* Kr. und *Carabus morio* Mancch. angegangen. Beide Arten kamen im Frühjahr zur gleichen Zeit mit dem R. an die Oberfläche. Die erstgenannte Art war häufiger anzutreffen. Man konnte oft beobachten, wie die beiden Laufkäferarten den R. verzehrten.

Aus dem mitteldeutschen Befallsgebiet berichtet Eichler (15), daß der R. neben *Hister fimetarius* Herbst von 2 weiteren *Histeriden,* nämlich *H. bipustula* Schrk. und *H. notatus* Scriba angegriffen wird. Hollrung (30) berichtet, daß *Hister sinuatus* Illig. in der Umgebung von Halle in der Biocönose von *Brachyrrhinus (Otiorrhynchus) ligustici* L. anzutreffen ist und einen eifrigen Verfolger des genannten Käfers darstellt. Eichler (15) zählt ferner

noch folgende Feindkäfer auf: *Poecilus cupreus* L., *Pterostichus melas* Creutz., *Ophonus griseus* Panz., *O. calceatus* Dutt., *O. pubescens* Müll., *Amara apricaria* Payk. und *Harpalus psittaceus* Foure. Tielecke (66) teilt dagegen mit, aus der Familie der *Histeridae* lediglich *H. fimetarius* Herbst als Feind des R. häufig beobachtet zu haben. Der genannte Käfer greift seine Beute von hinten an, indem er sich zwischen *Elytren* und *Abdomen* hineinfrißt.

Auch *Poecillus cupreus* L. wurde beim Vertilgen von R. beobachtet. Tielecke (66) nennt als neue Feinde *Silpha obscura* L. und *Pterostichus punctulatus* Schall.

Nach unseren Beobachtungen 1951 im Hauptschadgebiet des Kreises Merseburg ist *Hister fimetarius* Herbst, den ich nur als einzigen Vertreter der *Histeriden* antraf, nicht imstande, Käfer zu bewältigen, die in voller Lebenskraft sind. Er kann vielmehr nur Tiere erfolgreich angreifen, wenn sie in ihrer Lebenskraft irgendwie geschwächt worden sind.

3. Tierische Parasiten

Obwohl bei Käfern im allgemeinen vorwiegend die Larven parasitiert werden, so ist die Imaginalparasitierung keineswegs so selten, als gemeinhin angenommen wird. Audouin (1839) berichtet als erster aus Frankreich über das Auftreten der Schlupfwespe *Perilitus (Duiocampus) terminatus* Nees. als Imaginalparasit bei *Coccinella septempunctata* L. Diese Beobachtung wurde von Ratzeburg (1952) bestätigt. Im Laufe der Zeit sind zahlreiche weitere Fälle bekannt geworden, in denen nicht die Entwicklungsstadien, sondern vielmehr die Imagines entweder von Schlupfwespen oder Tachinen befallen wurden. So berichtete Jackson (1920) und (1924) aus England von Parasitierungen des Blattrandkäfers (*Sitona lineata* L.) durch eine andere *Braconiden*-Art, und zwar *Perilitus (Duiocampus) rutilus* Nees.

Kaufmann (1923) stellte im Rahmen seiner Arbeiten über *Psylliodes chrysocephala* L. in Mitteldeutschland fest, daß Imagines des genannten Schädlings Parasiten von *Perilitus spec.* aufwiesen. Im gleichen Jahre berichtete Speyer ebenfalls aus Mitteldeutschland von einer Parasitierung des *Anthonomus pomorum* L., wo es nicht möglich war, die Imago des Parasiten zu züchten. Derselbe Autor ermittelte in den Jahren 1921 und 1924 einen weiteren Imaginalparasiten an *Ceuthorrhynchus quadridens* Panz. in Mitteldeutschland. Es handelte sich hier um die *Braconiden*-Art *Perilitus melanopus* Ruthe.

Noch viele der beobachteten Parasiten aus der Familie der Schlupfwespen ließen sich anführen und daneben auch zahlreiche *Tachinen.* Wenige aber haben bei der Parasitierung von Käfern Bedeutung erlangt.

Im Jahre 1948 stellte G. Schmidt bei R., die er am 20.5. dem Freilande entnommen hatte, Puppen einer *Diptere* fest. Die daraus am 5.7. geschlüpften Fliegen wurden als *Rondania cucullata* Rob. (*Syn. dimidiata* Stein nec. Meigen) bestimmt.

Von ihr sind folgende Wirtskäfer bekannt: *Brachyderes incanus* L., *Brachycercus undatus* F., *Larynus scolymi* Oliv. und *Larynus cynarae* F., *Cleonus mendicus* Gyllh., *Brachyderes lusitanicus* Duf. M. P. Riedel berichtet, daß Eckstein die in Rede stehende *Tachinen*-Art aus *Strophosomus coryli* F. (*Syn.* bei Reitter *Str. melanogrammus* Först.) gezüchtet hat.

Nach Schmidt (58) liegen Literaturangaben vor, die von einer gegendweisen 65%igen Parasitierung durch *Rondania cucullata* Rob. bei *Cl. mendicus* Gyllh. sprechen, wie z.B. in *Toskana* etc. in Italien. In dem von Schmidt (59) im Kreise Merseburg gesammelten Material lag der Parasitenbefall unter 1%. Nach Ansicht des genannten Autors kann auf Grund seiner Beobachtungen noch kein abschließendes Urteil über den Umfang der Parasitierung abgegeben werden. Es wurden von ihm 3 bis 4 und mitunter 5 Maden in einem Käfer gefunden. Hauptsächlich sollten die Weibchen befallen werden. Im Herbst dient nach dem genannten Autor *Larynus scolymi* Oliv. als Wirtstier. Nach seinen Angaben überwintert die in Rede stehende Tachine als Puppe. In Gebieten mit starkem Parasiten-Auftreten wurde mit der Bekämpfung gewartet, bis die Maden geschlüpft waren. In Holland beobachtete man die Eiablage zwischen die Mandibeln des *Brachyderes incanus* L.

Wir stellten in 1 Käfer in der Regel 2 bis 3 und gelegentlich 5 Maden fest. Diese Larven erreichen eine Länge von 5 bis 7 mm und verpuppen sich meistenteils außerhalb des Wirtstieres. Die braune Puppe hat am Hinterende 2 dreigipfelige, an der Basis verbreiterte, schwarze Atemhöcker.

Die *Imago* ist plump und hat eine Länge von 3 bis 4 mm. Sie ähnelt in ihrer Form der Stubenfliege.

Ich fand im Jahre 1951 eine 2%ige Parasitierung des von mir im Juni eingebrachten Käfermaterials.

Die in Frage stehende *Tachine* scheint im Jahre mehrere Generationen zu haben, denn wir stellten im Januar in einem Käfer eine Made fest, die beim Präparieren für eine Weiterzucht unbrauchbar wurde. Es ist anzunehmen, daß *R. cucullata* Rob. eine Wintergeneration hat, was auch Hennig (1951) — mündlich — für nicht ausgeschlossen hielt. Im Jahre 1952 bot sich infolge des geringen Auftretens des R. keine Gelegenheit, parasitierte Käfer zu erhalten.

4. Insektivoren

Von den insektenfressenden kleinen Säugetieren führt Steiner (62) die etwa 10 cm große Zwerghamster *Mesocricetus brandti* Nehring und *Cricetulus phaeus* Pall. an, die verhältnismäßig häufig anzutreffen waren. So wurden z.B. in einer von 14 Tagen in einem 1500 m langen Graben 15 Tiere gefangen. Die gesammelten Hamster hielt man im Labor und fütterte sie mit dem R., von dem pro Tag und Tier 50 bis 100 Käfer aufgenommen wurden. Von den wesentlich selteneren Spitzmäusen werden *Crocidura russula* Herm. und *Pachyura etrusca* Savi. genannt.

Gelegentlich fingen sich auch Igel in den Fanggräben, und zwar wahrscheinlich die Arten *Erinaceus roumanicus nesiotes* Bate. Nach Feststellungen von Steiner (62) in der Türkei, spielen die natürlichen Feinde in der Vernichtung des R. keine beachtenswerte Rolle.

Inwieweit der Maulwurf, der nach Untersuchungen von Sachtleben (1925) erhebliche Mengen von Insektenlarven aufnimmt, für die Vertilgung der Larven des R. in Frage kommt, habe ich nicht untersuchen können. Sachtleben stellte fest, daß Drahtwürmer und Engerlinge des Maikäfers den Hauptbestandteil der Maulwurfsnahrung bildeten. Selbstverständlich ist die Zusammensetzung der Nahrung örtlich und jahreszeitlich verschieden, wie es für die meisten Tiere des Freilandes zutrifft. Ich fand z.B. in der Gemeinde Aseleben, Kreis Eisleben, im April 1951 Teile von insgesamt 120

Käfern, die von Spitzmäusen zusammengetragen und ausgefressen worden waren.

In welchem Umfange der Hamster *Cricetus cricetus* L. als Vertilger des R. eine Rolle spielt, habe ich nicht untersuchen können.

5. Pilze und Bakterien

In der Sowjetunion, dem Lande des ältesten Schadauftretens des R., beschäftigte man sich sehr lange und eingehend mit der Frage, ob eine Bekämpfung durch Anwendung von Pilzkulturen möglich sei. Obwohl es gelang, mit einigen Pilzen, wie z.B. *Isaria densa* Fries und *Botrytis bassiana* Bos., Infektionen erfolgreich im Labor durchzuführen, so stellte sich doch heraus, daß eine Anwendung im großen nicht ausführbar war. Die Erkrankungen betrugen in feuchten Böden 50 und in trockenem Erdreich 13 %. Nach Pospilov (54) sind für *M. anisopliae optimale* Entwicklungsstadien dann gegeben, wenn die r. F. 100 % und die Temperatur +22° C bis +28° C beträgt. Das Entwicklungsminimum liegt bei +10° C.

Jablonowski (34) führt eine Reihe durch Bakterien hervorgerufene Krankheiten der Larven und Eier an. So z.B. die Schlaffsucht, die durch *Streptococcus pastorianus* und *Micrococcus bombycis* verursacht wird. Er erwähnt außerdem noch Mikroorganismen, *Sporotrichum globuliferum, Sorosporells agrotidis* und *Oospora destructrix.*

Eckstein (8) wie auch Steiner (62) berichten aus der Türkei, daß Pilz- und Bakterienkrankheiten infolge der im Sommer vorherrschenden trockenen Witterung im Gegensatz zu Ungarn und Rumänien eine geringe Rolle spielen.

Tielecke (66) hält es für notwendig, die Bedeutung der Verpilzung des R. als gradationshemmende Komponente im mitteldeutschen Befallsgebiet in dafür besonders geeigneten Jahren zu ermitteln. Die von ihm seit dem 1.8.50 durch Beobachtungen geförderten 1415 Individuen (Larven, Puppen, Käfer) waren zu 11,6 % verpilzt. Bei einzelnen Grabungen betrug die Verpilzung bis 35,6 %. In den Monaten August/September waren die verpilzten Puppen am häufigsten. Tielecke hält in der genannten Zeit die Puppen für das anfälligste Stadium.

In meinem Beobachtungsjahr (1951) war trotz der starken Niederschläge eine gute Entwicklung der Larven zu beobachten, weniger als 1 % der Tiere war an Schlaffsucht erkrankt.

Aus der Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin-Dahlem,
Fachgruppe „Biologische Materialprüfung, Holzschutz
und Holztechnologie“[1]

Beobachtungen und Versuche über den Beginn der Kolonie-Entwicklung von *Nasutitermes ephratae* Holmgren *(Isoptera)*

Von Günther Becker

Mit 10 Abbildungen

1 Anlaß und Aufgabe

Die verborgene Lebensweise der Termiten und ihre Empfindlichkeit gegen Störungen erschwert biologische Beobachtungen über sie. Daher bestehen trotz der außerordentlich großen Zahl von Veröffentlichungen über Termiten noch sehr viele Lücken in der Kenntnis ihrer Lebensweise.

Während es für *Kalotermitidae* und *Rhinotermitidae* eine Reihe eingehender Beschreibungen der Entwicklung der Staaten vom Ausflug der Imagines an gibt, sind Beobachtungen über den Beginn der Kolonie-Entwicklung der *Termitidae*, deren weitaus meiste Arten in den Tropen leben, zumeist auf den ersten Zeitabschnitt begrenzt. (Vgl. u. a. O. John 1925, J. W. Harms 1927, P. P. Grassé 1937, W. Goetsch 1941). Erst mit Hilfe verbesserter Haltungsverfahren durch geeignete Kunstnester haben M. Lüscher (1951) an je einer afrikanischen *Cubitermes-*, *Anoplotermes-*, *Microcerotermes-* und *Pseudacanthotermes*-Art, F. M. Weesner (1953) und S. F. Light und F. M. Weesner (1955) an einer nordamerikanischen *Tenuirostritermes*-Art sowie P. P. Grassé und C. Noirot (1955) an einer afrikanischen *Bellicositermes*-Art eingehende Beobachtungen bis zur Entstehung von Arbeitern und Soldaten anstellen können.

Bis jetzt ist aber für keine tropische Termitenart die Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsvorgänge bekannt geworden, wie über die Umweltabhängigkeit der Termiten allgemein nur wenige experimentell gesicherte Angaben vorliegen. Voraussetzungen für entsprechende Versuche sind ja in tropischen Ländern nur an wenigen Stellen gegeben.

Im Rahmen vergleichend-biologischer und -ökologischer Untersuchungen an Termiten wurde daher die Gelegenheit wahrgenommen, bei einer tropischen *Nasutitermes*-Art aus Mittelamerika in Berlin-Dahlem Nestgründung,

[1] Die Versuche wurden mit Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, der auch an dieser Stelle gedankt wird, ausgeführt.

Eiablage, Embryonalentwicklung und Auftreten der ersten Individuen der Arbeiter- und der Soldatenkaste zu verfolgen und gleichzeitig den Einfluß der Temperatur auf diese Vorgänge zu bestimmen.

2 Voraussetzungen für die Untersuchung

2.1 Die benutzte Termitenart und ihre Beschaffung

Die Beobachtungen und Versuche wurden an *Nasutitermes ephratae* Holmgren[2] durchgeführt. Als geographische Verbreitung hatte T. E. Snyder 1949 Bolivien bis Honduras und Westindien angegeben. Die Art wurde 1951 in Guatemala gefunden (G. Becker 1953), 1959 erstmalig auch in Mexiko.

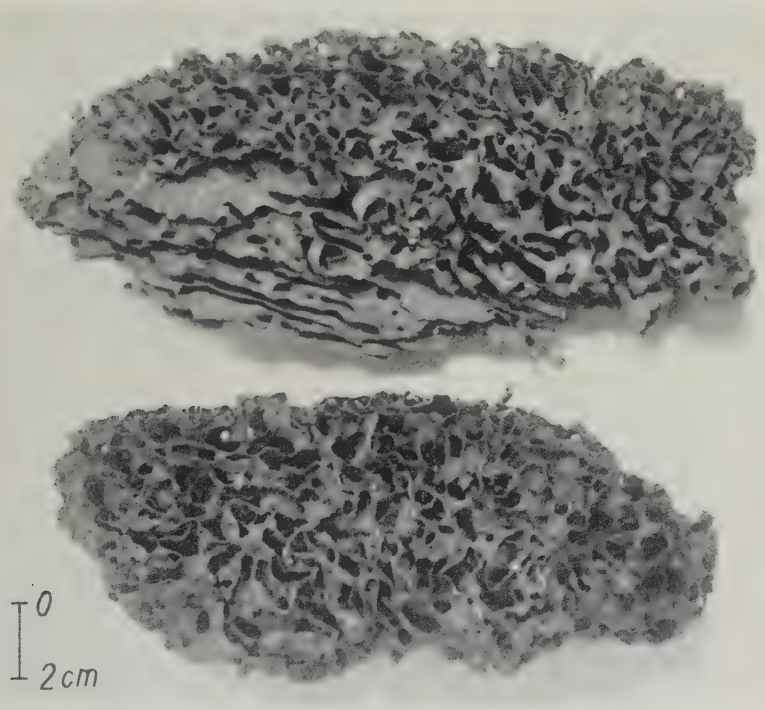


Abb. 1. Querschnitt durch Nestbruchstücke von *Nasutitermes ephratae* Holmgren. (Aufn.: BAM, Berlin-Dahlem)

Nach S. F. Light (1934) waren für Mexiko bisher die auch in Guatemala vorkommenden *Nasutitermes*-Arten *N. nigriceps* Haldeman und *N. corniger* Motschulski bekannt.

Nasutitermes ephratae zerstört Holz in Gebäuden (T. E. Snyder und J. Zetek 1924) und greift lebende Bäume an (H. Weidner 1949).

Die auf Bäumen angelegten Kartonnester, die sehr groß werden können,

[2] Die Bestimmung hat freundlicherweise Dr. T. E. Snyder, Washington, D. C., USA, vorgenommen.

befinden sich anscheinend nur wenige Meter über dem Erdboden. Wie alle Baumnester sind sie leicht an Gewicht. Aber das Wandmaterial ist fest. Die Abbildung eines ganzen Nestes ist in dieser Zeitschrift in Band 35 (1953) auf Seite 352 wiedergegeben. Bild 1 dieses Beitrags zeigt die Schnittfläche von Bruchstücken.

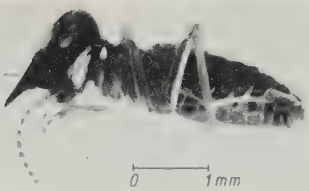


Abb. 2. Soldaten von *Nasutitermes ephratae* Holmgren. (Aufn. d. Bilder 2–7: R. Meyer, BAM, Berlin-Dahlem)

Abb. 3. Arbeiter von *Nasutitermes ephratae* Holmgren

Die Staaten von *Nasutitermes ephratae* können sehr volkreich werden und mehr als eine Million Individuen enthalten. Der Anteil an Soldaten ist wie bei vielen anderen *Nasutitermes*-Arten groß. Die Soldaten (Abb. 2) werden bis 4 mm, die Arbeiter (Abb. 3) bis 5 mm lang. Die Individuen beider

Kasten sind wie bei anderen Termiten in jungen Kolonien kleiner als in älteren Staaten.

Die Nymphen (Abb. 4) werden bis zu 10 mm lang. Flugbereite Imagines wurden in der Alta Vera Paz in Guatemala Ende Mai, bei Vera Cruz in Mexiko Anfang Mai gefunden.

Die Imagines (Abb. 5) erreichen eine Körperlänge von 5,6 . . . 7,5 mm bei einer Breite von 1,4 . . . 1,8 mm; mit ihren matt tabakbraunen Flügeln messen sie ≈ 15 mm. Bereits vor der Fortpflanzungstätigkeit unterscheiden sich

Abb. 4

Abb. 5

Abb. 4. Nymphe von *Nasutitermes ephratae* Holmgren. – *Abb. 5.* Imagines-Pärchen von *Nasutitermes ephratae* Holmgren nach Flügelabwurf. Links das Männchen, rechts das Weibchen

die jungen Weibchen durch ein in der hinteren Hälfte etwas breiteres Abdomen von den Männchen mit schlankem Hinterleib, wie die Bilder 5 und 6 erkennen lassen. Im Durchschnitt waren beim Entflügeln die Männchen ein wenig länger als die Weibchen. Danach nehmen die letzteren bei allen Termiten an Länge und Breite zu. Nach 6 Wochen hatten die Männchen von *N. ephratae* eine Länge von 6,3 bis 7,3 mm, im Durchschnitt 7,1 mm, die Weibchen von 7,7 bis 8,2 mm, im Durchschnitt 7,9 mm.

Schwarmflug wurde in Guatemala Ende Mai nach dem ersten Regen nach der Trockenzeit zwischen 20 und 21 Uhr bei völliger Dunkelheit beobachtet. Die Tiere können sich der Flügel nach dem Flug mit Leichtigkeit entledigen.

Erwachsene Königinnen waren bis zu rund 30 mm lang. Es kommen mehrere Königinnen und Könige im gleichen Staat vor; in einem 60 cm hohen und 30 cm × 25 cm breiten Nest in Mexiko wurden 6 Weibchen von 24 bis 32 mm Länge in geringem Abstand voneinander sowie mehrere Männchen gefunden.

Die Versuchstiere wurden bei einem kurzen Aufenthalt in Mexiko am 4. Mai 1959 in Nähe der Golf-Küste südlich von Veracruz bei der Straße von Boca del Rio nach Alvarado eingesammelt. Das große Nest von den soeben genannten Abmessungen enthielt zahlreiche Geflügelte. Es wurden alle

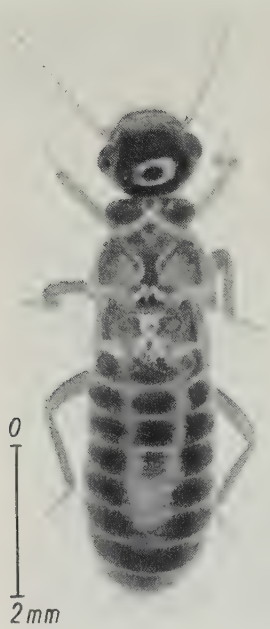


Abb. 6 *Abb. 7*

Abb. 6. Junge Königin von *Nasutitermes ephratae* Holmgren nach Flügelabwurf vor Beginn der Eiablage. – *Abb. 7.* Ältere Königin von *Nasutitermes ephratae* Holmgren nach mehrtägigem Hungern infolge mangelnder Pflege (Absterben der Arbeiter während des Transports). Abdomen eingeschrumpft mit gefalteten Intersegmentalhäuten

Kasten und Stadien einschließlich älterer Königinnen und Könige zusammen mit Nestteilen und etwas Holz in 3 durchsichtigen, mit feinen Luftlöchern versehenen Kunststoff-Behältern (zwei von 1500 cm^3, eines von 580 cm^3 Inhalt) mitgenommen. Während des Fluges von Veracruz nach Mexiko-City und von New Orleans über Washington, D.C., nach Berlin befanden sich die Tiere im Passagierraum mit Heizung und Druckausgleich. Bei Eisenbahn- und Omnibusfahrten zwischen Mexico-City und New Orleans wurde auf federnde Lagerung der Gefäße geachtet. Bis zur Ankunft in Berlin vergingen 8 Tage. In den zwei größeren Behältern, die zuviel Tiere enthielten, waren während der beiden letzten Tage die meisten Larven, Arbeiter und Soldaten eingegangen; die alten und die jungen, noch flügeltragenden Imagines aber überlebten fast ohne Verluste. Sie befanden sich oben in den Gefäßen in Nähe der Luftlöcher. Das beim Fang geschwollene Abdomen der alten Weibchen war sehr eingeschrumpft (Abb. 7). Sie konnten aber, gepflegt von den überlebenden Arbeitern, als Grundlage für die Weiterzucht dienen.

2.2 Durchführung der Beobachtungen und Versuche[3]

Die Beobachtungen begannen mit rund 300 jungen Imagines. Ein großer Teil von ihnen hatte sich bereits während der letzten beiden Tage vor der Ankunft in Berlin in den Transportgefäßen entflügelt. Sie wurden gegen Mitternacht aus diesen in größere Glasgefäße umgesetzt. Am nächsten Morgen waren die meisten Tiere ohne Flügel. Wohl weil die *Nasutitermes*-Flügel sehr leicht abbrechen, wiesen trotz der ungünstigen Bedingungen nur wenige Imagines aus der großen Anzahl Flügelreste auf.

Die Tiere wurden am Morgen nach der Ankunft in flache Glasschalen von 30 cm Durchmesser auf feuchtes Filterpapier getan. Hier setzten viele sogleich den „Tandem-Lauf" oder „Liebesspaziergang" fort. Andere verharrten in Gruppen beieinander, konnten aber durch Aufscheuchen ebenfalls zum Tandem-Lauf veranlaßt werden. Wie bereits von M. Lüscher (1951) für mehrere afrikanische Termitenarten angegeben, läuft auch bei *Nasutitermes ephratae* meist das Weibchen voran. Nicht selten wurden 3 oder 4 Tiere hintereinander beobachtet.

Mit Hilfe des paarweisen Laufes und der bereits (S. 81) erwähnten Körperunterschiede der Geschlechter wurden die entflügelten Termiten zu Paaren sortiert, in kleinen Glasröhrchen mit feuchtem Filtrierpapier und Watteverschluß gehalten und am gleichen oder am folgenden Tage in ihre endgültige Versuchsumgebung gesetzt. Die Versuche begannen mit 98 Pärchen.

Die Pärchen wurden auf zwei Arten untergebracht. Für die laufende Beobachtung sehr günstig war eine Haltung zwischen zwei Glasplatten, wie sie A. M. Adamson (1941), M. Lüscher (1949) und andere benutzt haben. Für *Nasutitermes ephratae* wurden 60 mm × 90 mm messende Glasplatten verwendet. Durch Vierkantglasstäbe an allen vier Seiten wurden sie in einem Abstand von 2,5 mm voneinander gehalten. Als Nutzraum ergab sich eine Fläche von 43 mm × 72 mm. Die Zwischenstäbe lagen in einer solchen Anordnung beieinander, daß die Tiere nicht zu entweichen vermochten, aber ein Luftaustausch erfolgen konnte. Die Scheiben waren mit durchsichtigem Kunststoff-Klebestreifen zusammengehalten. Das Innere dieser Plattengefäße war bis auf einen Hohlraum von rund 2 cm^2 in der Mitte, in den die Tiere gesetzt wurden, in der einen Hälfte mit gesiebter sterilisierter Lauberde, in der anderen mit einem Gemisch aus 250 cm^3 von 3%igem Agar und 76 g Sägemehl von Kiefernsplintholz (*Pinus sylvestris* L.), je zur Hälfte ohne Pilzbefall, zur Hälfte nach gleichmäßigem Angriff durch den Braunfäulepilz *Coniophora cerebella* (Pers.) Duby mit einem Holzabbau von ≈ 15 % Gewichtsverlust gefüllt. Agar zuzusetzen, haben zuerst S. F. Light und F. M. Weesner (1947) vorgeschlagen. Von Pilzen angegriffenes Holz wurde genommen, weil Termiten für ihre Nestgründungen morsches Holz bevorzugen und dies ihre Entwicklung begünstigt (G. Becker, unveröff.); die Pilzart wurde gewählt, weil sie bisher keinen nachteiligen Einfluß auf verschiedene holzfressende Insekten gezeigt hat und den Vorteil besitzt, daß von ihr befallenes Holz weniger leicht schimmelt als Holz ohne oder mit Befall durch andere Pilzarten. Erst viel später wurde bei Versuchen über den Angriff auf verschiedene Holzarten (G. Becker 1961) festgestellt, daß *Nasutitermes ephratae* (wie *Nasutitermes exitiosus* Hill in Australien nach F. J.

[3] Für sehr sorgfältige und aufmerksame Betreuung der Versuche wird Frau D. Puchelt auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

Gay, T. Greaves, F. G. Holdaway und A. H. Wetherly 1955) Koniferenholz möglichst meidet, und dies also sicherlich keine günstige Nahrung für die jungen Kolonien war.

Bei der zweiten, weniger unnatürlichen Art der Haltung wurden Glastuben von 33 mm innerem Durchmesser und 9 cm Höhe knapp zur Hälfte mit gesiebter, sterilisierter Lauberde gefüllt, und darauf wurden ungefähr 25 mm × 25 mm × 15 mm große angefeuchtete Holzblöckchen aus Kiefernsplint mit verschieden starkem Abbau durch die Pilzarten *Coniophora cerebella* Pers. (8 und 15 %), *Lenzites trabea* (Pers.) Fr. (7 und 15 bis 16 %), *Merulius lacrimans* (Wulf.) Fr. (7 und 16 %), *Poria vaporaria* Pers. (6 und 15 %), *Lenzites abietina* (Bull.) Fr. (6 und 17 %) und *Lentinus lepideus* Fr. (5 und 16/18 %) gelegt. Die Tuben wurden mit Wattestopfen verschlossen. In diesen Gefäßen hatten die Tiere mehr Bewegungsfreiheit und besseren Luftaustausch; dieser war indessen, wie ein Vergleich der Entwicklung zeigte, auch in den Plattengefäßen ausreichend. Ein Nachteil der Haltung in Tuben war die erschwerte Beobachtung, die hier, wenn die Nester nicht hinter dem Glas angelegt wurden, nur in längeren Abständen möglich war.

Die Feuchtigkeit wurde einheitlich zu halten versucht. Zu der Lauberde wurde bei beiden Versuchsanordnungen ein Wasserzusatz von rund 33 % des Gewichts zugegeben. Die Plattengefäße in waagerechter Lage und die Glasröhren wurden zu mehreren in Kunststoffgefäßen mit Luftlöchern, die Tuben in Aquarien (30 cm × 20 cm × 15 cm), mit einer Glasplatte bedeckt, untergebracht, die am Boden eine Wasserschicht enthielten, so daß sich darin eine nahezu gesättigte Luftfeuchtigkeit einstellte. Die Luftfeuchtigkeit in den Nestkammern der Termiten war dabei dauernd gesättigt; bereits ganz leichte Abkühlung ergab sofortige Tröpfchenbildung.

Die Temperatur wurde bis auf eine Reihe konstant gehalten. Die Platten befanden sich in Klimaräumen oder Thermostaten bei 22, 24, 26, 28, 30 und 32° C mit Abweichungen von weniger als ± 0,2° in den Gesamträumen, also einer noch geringeren Schwankung in den Termitennestern. Eine Reihe wurde abwechselnd für 16 Stunden bei 30° und für 8 Stunden bei 24° C gehalten. Die mittlere Wärme betrug 29° C, und unter dieser Temperatur sind die Ergebnisse dieser Reihe in den graphischen Darstellungen an späterer Stelle eingetragen. Die Glastuben wurden nur bei 26° und 30° C aufbewahrt.

Die Versuche wurden täglich, anfangs auch an den Sonntagen, später mit Ausnahme dieser Tage, durchgesehen. Soweit sich die Tiere in den Glasröhren unter das Holz verzogen hatten, wurden sie, um allzu häufige Störungen zu vermeiden, nur zweimal, später einmal wöchentlich angesehen. Mit den Beobachtungen war eine kurzfristige Abkühlung und die Bildung eines Wasserfilmes an den Glasinnenwänden verbunden. – Bei den Plattengefäßen konnte eine binokulare Lupe benutzt werden; bei den Glasröhren mußte eine Handlupe genügen.

3 Beobachtungs- und Versuchsergebnisse

3.1 Nestanlage und erste Eiablage

In die Zuchtgefäße gebracht, begannen die Pärchen sofort oder nach wenigen Stunden eines Umherlaufens mit dem gemeinsamen *Nestbau*. Zwischen den

Glasplatten rundeten sie den Hohlraum ab und umkleideten die Nestkammer mit einem allseitig geschlossenen Ring zusammengeklebten Baumaterials. Verschiebungen oder Erweiterungen der vorgegebenen Öffnung erfolgten überwiegend in Richtung des Holzmehl-Agars. Knapp die Hälfte der Nester hatte eine fast rundliche Form mit einem Durchmesser zwischen 12 und 18 Millimeter. Bei den elliptisch geformten Nestern wechselte der kleinste Durchmesser zwischen 11 und 14 mm, der größte zwischen 16 und 20 mm. Die Fläche schwankte also zwischen 1,2 und 2,5 cm^2. Dieser Nestumfang bleibt unverändert, bis die Arbeiter später ihre selbständige Tätigkeit aufnehmen.

In den Glasröhren wurden von 18 Nestern 7 unter den Holzblöckchen in der Erde angelegt, 9 in dem senkrechten Hohlraum zwischen einer Klötzchenfläche und der benachbarten Glaswand dort, wo die senkrechten Kanten der Holzprobe dieser anlagen. Dabei wurde das Nest nach oben und unten mit Erdteilchen und abgenagten Holzspänen ebenfalls mit einer annähernd rundlich-elliptischen Grenze abgeschlossen. Die Nester hatten auch in den Fällen, in denen Hohlräume unter dem Holz in der Erde und durch Benagen des Holzes beliebig erweitert werden konnten, keinen größeren Durchmesser als 25 mm. Der allseitige Verschluß der Nestkammer scheint sämtlichen Termiten gemeinsam zu sein.

Nur in zwei Fällen nagten sich die Pärchen in das Holz ein, obwohl dies infolge des Pilzbefalls in allen Fällen verhältnismäßig weich war. Bei den beiden Ausnahmen handelte es sich bei 26 und 30° C um den Befall durch *Poria vaporaria* mit rund 15 % Gewichtsverlust des Holzes. *Kalotermitiden* bohren sich stets in das Holzinnere harter wie weicher Holzarten ein, auch wenn sich ihnen ein Hohlraum von geeigneter Größe bietet; erst wenn der Nagetrieb befriedigt ist, nehmen sie vorhandene Höhlungen an. (Vgl. auch W. Goetsch 1953.) Die meisten *Nasutitermes*-Imagines nagten lediglich Vertiefungen in die Holzblöckchen – bei senkrechter wie bei waagerechter Nestanlage –, um ihr Nest abzurunden.

Die Nestanlage war bei allen benutzten Temperaturen in 2 bis 3 Tagen abgeschlossen.

Anscheinend ist es den Imagines dieser Art zunächst gleichgültig, ob das Nestellipsoid eine senkrechte oder waagerechte Lage hat. Erst später, wenn die Weibchen dicker werden, bedürfen sie einer waagerechten Bodenfläche.

Die *Eiablage* setzte wenige Tage nach dem Flügelabwurf ein. Da dieser bei einem Teil der Tiere nicht auf den Tag genau zu bestimmen war, haftet den in Bild 8 und 9 dargestellten Werten eine Ungenauigkeit von 1 oder 2 Tagen an, die gegebenenfalls hinzugerechnet werden müssen. Unabhängig von dieser geringfügigen Unsicherheit zeigen die Werte indessen, daß Temperatur-Unterschiede zwischen 24 und 32° C so gut wie keinen Einfluß auf die Zeit zwischen der Nestgründung und dem Beginn der Eiablage haben. Der Zwischenraum beträgt einheitlich 3 bis 4 Tage.

Dieser rasche Eiablage-Beginn könnte kennzeichnend für die Gattung *Nasutitermes* und verwandte Termitiden sein. Zwischenräume von nur wenigen Tagen zwischen Flügelabwurf und ersten Eiern wurden von G. Becker (unveröff.) für *N. beckeri* Prashad and Sen-Sarma in Indien und für die ebenfalls Nasutus-Soldaten besitzende Art *Tenuirostritermes tenuirostris* Desneux von S. F. Light und M. Weesner (1955) in Nordamerika beobachtet. C. Noirot (1956) nennt für eine *Anoplotermes*-Art in Afrika Zeiten von 8 Tagen an. Bei *Kalotermitiden* und *Rhinotermitiden* und anderen *Termi-*

tiden-Gattungen – soweit untersucht – dauert es bis zum Beginn der Eiablage länger.

Die Eier von *Nasutitermes ephratae* sind weißlich-elfenbeinfarbig. Sie haben eine Länge von 0,6 bis 0,8 mm und eine Dicke von 0,3 bis 0,4 mm, selten bis 0,5 mm. Ihre Gestalt ist oval bis birnenförmig. Sobald mehrere von ihnen vorhanden sind, werden sie in Gruppen zusammengehalten. Die Imagines belecken sie und tragen sie bei Störung umher. Gegen Ende der Embryonalentwicklung schwellen die Eier deutlich an.

Vom Beginn der Eiablage an wurden täglich bei den angewendeten höheren Temperaturstufen 2 bis 3, gelegentlich bis zu 7, bei den niedrigen meist 1 bis 2 Eier gelegt. Die Eiablage wird fortgesetzt, bis insgesamt 20 bis 30 Eier erzeugt sind. Danach setzt eine Legepause ein. Einige Eier wurden gefressen. Infolgedessen ist eine genaue Bestimmung ihrer Zahl natürlich nicht möglich. Da man die Eier nicht ohne ständige, für die Entwicklung unheilvolle Störung markieren kann, läßt sich bei gleichbleibender oder zunehmender Eizahl nicht feststellen, ob seit der Zählung am Vortage ein Ei gefressen und durch ein neues ersetzt worden ist. Dementsprechend kann die einzelne und durchschnittliche Eizahl größer sein, als es in Abb. 8 angegeben ist. Die größte noch vorhandene Eizahl nach der ersten Legeperiode betrug – von Ausnahmen mit schlechter Legeleistung oder stärkerem Eierfressen abgesehen – 18 bis 26, im Durchschnitt 22 Eier.

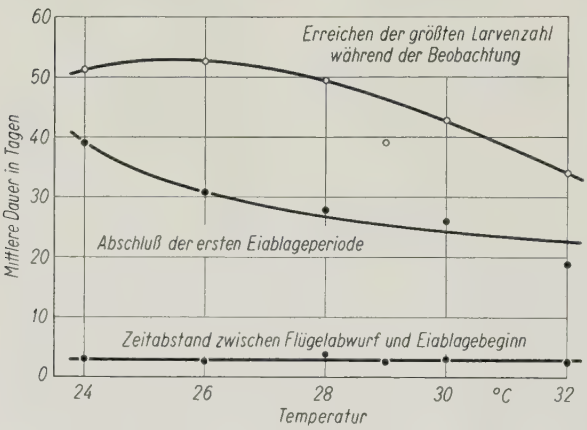


Abb. 8. Temperatureinfluß auf die Zahl an Eiern während der ersten Legeperiode sowie während der gesamten Beobachtungszeit und an Larven bei *Nasutitermes ephratae* Holmgren

Die durchschnittliche Eizahl dieser ersten Legeperiode war, wie die in Abb. 8 dargestellten Befunde zeigen, von der Temperatur unabhängig. Die Temperatur beeinflußt allerdings, wie Abb. 9 zeigt, den Zeitraum, in dem die erste Gruppe von Eiern abgelegt wird. Er reicht bei den benutzten Temperaturen von 3 bis knapp 6 Wochen.

Nach der ersten zusammenhängenden Legeperiode tritt eine Pause ein. Vereinzelt können zwar Eier auch während dieser Zeit erscheinen; in der Regel aber dauert die Eiablage bei 30 und 32° C bis zum Ende der 3. Woche, bei 26 und 28° bis zur 5. Woche, bei 24° bis zur 6. Woche. Dies ist die Zeit, in der die ersten Jungen aus dem Ei kommen, und der Energieverbrauch für die Pflege und Fütterung der Larven verursacht anscheinend das Nachlassen der Eierzeugung. Diese setzt erst dann wieder ein, wenn die herangewachsenen jungen Larven sich selbst ernähren können und mit der Fütterung der jüngeren Geschwister und der Mutter beginnen.

3.2 Dauer der Embryonalentwicklung

Das genaue Bestimmen der Embryonalentwicklungsdauer wird durch das Fressen von Eiern erschwert. Es ist jeweils unsicher, ob die zuerst schlüpfende Larve wirklich aus einem der am ersten Legetag hervorgebrachten Eier gekommen ist. Bei verschiedenen Zeiten für Pärchen derselben Temperaturstufe ist daher der kürzesten Entwicklungsspanne die größere Bedeutung zuzumessen, und die Streuung bleibt etwas fraglich.

Die beobachteten Zeiten für die Embryonalentwicklungsdauer der zwischen Glasplatten gehaltenen Zuchten sind als Mittelwerte in Abb. 9 graphisch dargestellt. Dabei sind Beobachtungsergebnisse an den Tieren in Tuben, die nur zweimal, später einmal wöchentlich untersucht wurden, mitverwendet. Die Streuung der Einzelwerte beträgt meist nur ± 1 Tag.

Die Embryonalentwicklung ist zwischen 30 und 32° C mit 22 bis 23 Tagen am kürzesten. Die zuvor erläuterte Unsicherheit der Beobachtung läßt eine ganz genaue Bestimmung nicht zu. Mit Sicherheit liegt aber das Minimum der Embryonalentwicklungszeit nicht über 32° C.

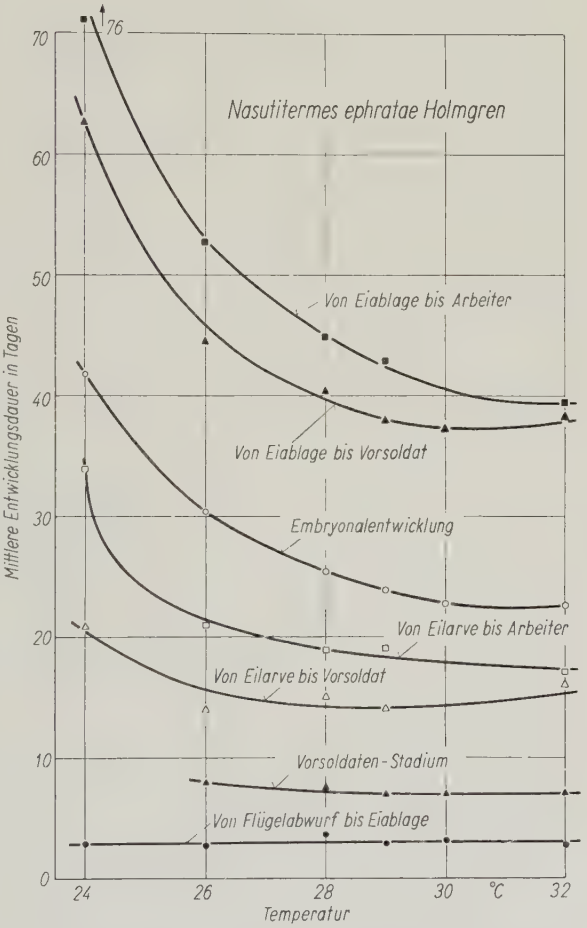


Abb. 9. Einsetzen der Eiablage, Dauer der Embryonalentwicklung und Entwicklungszeiten der ersten Individuen der Arbeiter- und Soldaten-Kaste bei *Nasutitermes ephratae* Holmgren in Abhängigkeit von der Temperatur (bei konstanten Temperaturbedingungen mit Ausnahme der 29°-Werte, vgl. Text)

Bei 28° C dauert die Embryonalentwicklung im Durchschnitt 25 bis 26 Tage, bei 26° C 30 bis 31 Tage, bei 24° C rund 42 Tage, also bereits fast doppelt so lange wie bei 30° C. Unterhalb von 24° C dürfte die Verlangsamung sehr groß werden. Als untere Entwicklungsgrenze ist eine Temperatur von etwa 18 bis 19° C anzunehmen.

3.3 Auftreten der ersten Soldaten und Arbeiter

Nach dem Schlüpfen der ersten Eilarven dauerte es im kürzesten Falle 14 Tage, bei 24° C 21 Tage, bis der erste *Vorsoldat* entstanden war (Abb. 6). Es scheint, daß dies Stadium mit der zweiten Häutung auftritt. In den Fällen, in denen die Zeitspanne größer war als die bei jeder Versuchstemperatur beobachtete kürzeste Frist, ist es unsicher, ob die zuerst geschlüpften Larven gefressen worden sind. Die Temperatur, bei der die Entwicklung zum Vorsoldaten am schnellsten vor sich geht, scheint bei etwa 29° C zu liegen, also niedriger als für die Embryonalentwicklung. Der verlangsamende Einfluß niedrigerer Wärme ist offenbar ebenfalls geringer als während des Eistadiums. Die ersten Vorsoldaten hatten eine Körperlänge von 2,2 bis 2,6 mm und eine Breite von 0,6 mm.

Die Häutung vom weißköpfigen Vorsoldaten zum fertigen *Soldaten* geht nach 7 bis 8 Tagen vor sich. Dabei ist der geringe Einfluß der Temperatur zwischen 26° und 32° C auffallend. (Bei den 24°-Zuchten kam es nicht von Vorsoldaten zur Soldaten-Entwicklung.) Die ersten Soldaten waren 2,1 bis 3,2 mm lang und 0,7 mm breit.

Das an der Braunfärbung des Kopfes erkennbare *Arbeiter*-Stadium wurde einige Tage später festgestellt als der erste Vorsoldat. Der Zeitunterschied betrug bei 32° C nur 2 Tage, bei 28 bis 29° C rund 5 Tage, bei 26° C ungefähr 6 bis 7 Tage, bei 24° C indessen 13 Tage. Nach dem Verlauf der Temperaturabhängigkeitskurve für die Zeit bis zum Auftreten der ersten Arbeiter scheint die kürzeste Zeit für deren Entwicklung um einige Grad höher zu liegen als bei der Soldatenkaste, und niedrige Temperatur verlangsamt anscheinend die Ausbildung der Arbeiter stärker als die der Soldaten. (Ob auch das Reaktionsverhalten der fertigen Individuen beider Kasten gegenüber der Temperatur verschieden ist, müßte noch untersucht werden.) Die Körperlänge der ersten Arbeiter betrug 2,7 bis 2,9 mm, ihre Breite war 0,9 mm.

Die gesamte Entwicklung vom Beginn der Eiablage bis zum ersten Vorsoldaten dauert (vgl. Abb. 6) bei 30° C rund 37 bis 38 Tage, bei 28° C rund 40 Tage, bei 26° C rund 46 Tage, bei 24° C rund 63 Tage. Bis zur Häutung zum Soldaten sind bei 30 und 32° C 7 Tage, bei 26 und 28° C 8 Tage hinzuzurechnen. Die kürzeste Frist für das Auftreten von Soldaten nach der Eiablage beträgt also 6 Wochen; bei 26° C dauert deren Entwicklung rund 8 Wochen. Bis zum Erscheinen der ersten Arbeiter nach dem Eiablagebeginn vergingen bei 30 bis 32° C 39 bis 40 Tage, bei 26° C rund 53 Tage, bei 24° C 76 Tage.

Die ersten Arbeiter werden bei *Nasutitermes ephratae* also nur wenige Tage früher fertig als die ersten Soldaten. Anscheinend tritt die Pigmentierung der Arbeiter einige Tage nach der zweiten Häutung zutage, während die Soldaten dann noch wenige Tage bis zu ihrer dritten und letzten Häutung brauchen. Jedes der drei ersten Häutungsintervalle dauert bei 28 bis 32° C offenbar rund 7 Tage.

Auch bei *Tenuirostritermes tenuirostris* Desneux sind nach F. M. Weesner (1953) die Arbeiter nach zwei Häutungen entwickelt. Bei den von M. Lüscher (1951) untersuchten afrikanischen Arten traten die Soldaten stets bedeutend später auf als die Arbeiter.

Die zuerst auftretenden Arbeiter und Soldaten sind winzig und – wie auch bei anderen Termitengattungen – viel kleiner als die Individuen älterer Kolonien. Es darf also wohl auch nicht von den Beobachtungen an jungen Kolonien auf die Entwicklungszeiten bei alten Staaten geschlossen werden.

3.4 Wiedereinsetzen der Eiablage und Fertilitätsunterschiede

Wenn die Larven des zweiten Stadiums selbst zu fressen beginnen und die jungen Arbeiter die Pflege der Eltern und der jüngeren Geschwister aufnehmen, setzt die Legetätigkeit der Weibchen erneut ein. Von der 6. Woche an wurden wieder Eier gelegt. Leider war zu dieser Zeit das Fressen von Eiern und Jungen bereits so stark, daß für diese Entwicklungszeit keine genauen Zahlenangaben mehr möglich sind und die Zahlenangaben in Bild 8 nur vergleichsweise gelten, aber nicht für Kolonien, die sich unter natürlichen Verhältnissen normal entwickeln. Fraglos ist die beobachtete Eizahl nach Wiedereinsetzen der Legetätigkeit geringer gewesen als unter günstigen Bedingungen. Sie dürfte sich im Laufe der Entwicklung von Woche zu Woche mit der vermehrten Fütterung durch die Larven und der Vergrößerung des Abdomens allmählich steigern.

Die Fertilität der einzelnen Weibchen kann sehr unterschiedlich sein. Die Eizahl nach einer bestimmten Zeit ist bei den fruchtbarsten Tieren ungefähr doppelt so groß wie bei den die wenigsten Eier erzeugenden. Die höchste Zahl, die erreicht wurde, bevor es zur Rückentwicklung und dem Ende der Kolonien kam, schwankte zwischen 30 und 60 Eiern.

Wie Abb. 8 zeigt, war bei den hohen Temperaturstufen mit den kürzesten Entwicklungszeiten die Eizahl nach Wiederaufnahme der Legetätigkeit geringer als bei niedriger Wärme, während die Legeleistung während der ersten Eiablageperiode im Durchschnitt nicht von der Temperatur beeinflußt zu sein scheint. Es ist naheliegend anzunehmen, daß der bei höherer Temperatur größere Energieverlust der Weibchen die Ursache der geringeren Legeleistung nach Wiederaufnahme der Eiproduktion ist. Sobald genügend Arbeiter die Fütterung der Königin übernommen haben, dürften die Verhältnisse unter natürlichen Bedingungen anders sein, und bei der für die Tiere günstigsten Temperatur werden sicherlich nicht nur die meisten Eier gelegt, sondern diese auch erfolgreich zur Entwicklung gebracht.

3.5 Fressen von Eiern und Jungen und Aussterben der Versuchskolonien

Das Fressen von Eiern durch die Elterntiere ist ein bei Termiten übliches Verhalten, das für den Beginn der Kolonienentwicklung bei verschiedenen Arten beschrieben worden ist. Es kann bei *Nasutitermes ephratae* bereits nach 11 Tagen nach der Nestgründung beginnen; meist setzte es nach 2 bis 3 Wochen ein, ohne daß ein Einfluß der Temperatur auf den Beginn eindeutig wäre (Abb. 10). Den genauen Umfang dieses Eierfressens zu bestimmen, ist schwierig, weil die Eier nicht ohne gefährdende Störung der Tiere markiert werden können, umhergetragen werden und daher nicht wiederzuerkennen sind und beim Zählen unsicher bleibt, inwieweit gefressene Eier durch neugelegte ersetzt sind. Von den beobachteten Tieren wurde größenordnungsmäßig im Durchschnitt mindestens die Hälfte der gelegten Eier verzehrt, offenbar unabhängig davon, ob ein Weibchen wenig oder viel Eier hervorgebracht hatte. Bei den einzelnen Pärchen war der Anteil verschieden.

Es ist fraglich, ob unter natürlichen Bedingungen ebensoviel Eier gefressen werden. Die Tiere sind in den Laboratoriumszuchten täglich einmal durch Erschütterungen und Licht gestört worden. Beim Durchsehen der in den hohen Wärmestufen gehaltenen Zuchten in einem etwas kühleren Raum ist

es zum Beschlagen der Scheiben und dem Benetzen eines Teils der Eier an der feuchten Glasinnenfläche gekommen. Ob dadurch ein zusätzlicher Freßreiz ausgelöst worden ist, bleibt ungewiß. Daß aber die Störungen zumindest nicht allein das Eierfressen verursacht haben, zeigt ein Vergleich der täglich beobachteten Tiere zwischen Glasplatten mit den nur wöchentlich einmal angesehenen Zuchten in Glastuben. Beide Reihen ergaben keinen deutlichen Unterschied.

Auch Junge werden gefressen. Kannibalismus ist eine geläufige Erscheinung bei den Termiten. Inwieweit in den Laboratoriumszuchten von *Nasutitermes ephratae* wiederum die Haltungsbedingungen das Larvenfressen verstärkt haben, ist ungewiß. Es begann bei 30 bis 32° C nach 5 bis 6 Wochen, bei 28° C nach 6 bis 8 Wochen, bei 26° C nach rund 8 Wochen, bei 24° C nach rund 10 Wochen (Abb. 10). Leider nahm das Fressen von Eiern, Larven und Arbeitern kein Ende, so daß eine Gruppe nach der anderen ausstarb. Das erste der beiden Elterntiere ging meist 1 bis 3 Tage später ein, nachdem das letzte Junge gefressen worden war. Bisweilen verendete eine Imago 1 bis 2 Tage, bevor das letzte Nachkommentier verschwunden war. Das Ende der Kolonien trat bei 30 und 32° C nach 9 bis 10 Wochen, bei 26 und 28° C nach 10 bis 12 Wochen, bei 24° C erst nach mehr als 3 Monaten ein (Abb. 10).

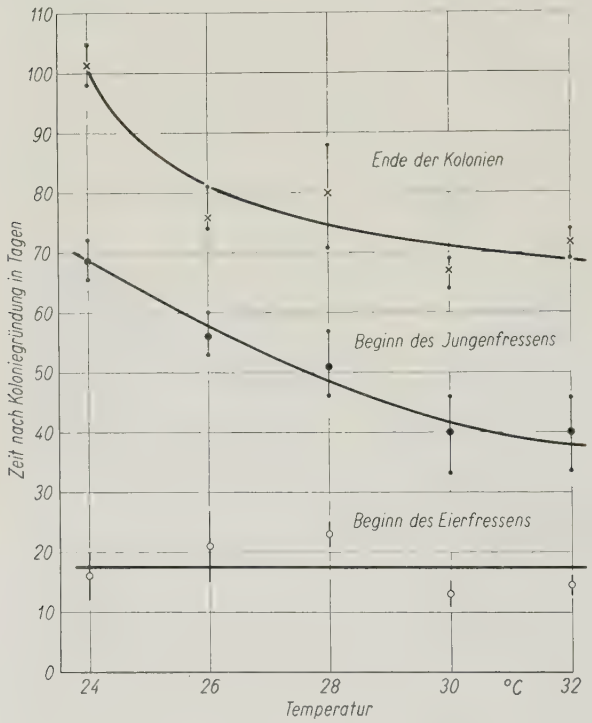


Abb. 10. Zeiten zwischen Flügelabwurf und Eiablagebeginn, bis zur Beendigung der ersten Eiablageperiode und bis zum Erreichen der während der Beobachtungszeit größten Larvenzahl von *Nasutitermes ephratae* Holmgren.

Als sich später herausstellte, daß *Nasutitermes ephratae* Nadelholz nach Möglichkeit als Nahrung meidet (G. Becker 1961), kam der Verdacht auf, daß pilzbefallenes Kiefernsplintholz und Lauberde nicht als Nahrung ausgereicht haben oder zumindest ungünstig gewesen sein könnten. (Arbeiter großer Staaten fressen allerdings Kiefernholz, wenn auch bedeutend weniger und langsamer als Laubholzarten.) Aber auch M. Lüscher (1951) sind alle Zuchten von mehreren afrikanischen *Termitidae*-Arten, allerdings erst nach 9 bis 10 Monaten, und dann fast schlagartig, eingegangen. Dagegen sind verschiedene *Kalotermitiden-* und *Rhinotermitiden*-Arten immer wieder mit Erfolg in Kunstnestern aufgezogen worden.

Erfolgreich war die Entwicklung junger Imagines im Laboratorium lediglich, wenn dem Pärchen nach Verzehren der eigenen Jungen kleine Gruppen von je 50 bis 80 erwachsenen Arbeitern und Soldaten (aus dem Nest, aus dem die Imagines stammten) beigegeben wurden. Die jungen Königspärchen wurden sofort „angenommen". Erde- oder Holzbrei-Schichten zwischen ihnen und den Arbeitern durchbrachen diese, um zu den Imagines zu gelangen, und die Weibchen begannen bald nach dem Einsetzen der Pflege durch die hinzugekommenen Arbeiter mit vermehrter Legetätigkeit. Auch in das „alte Nest" (es handelte sich ja bei dem Versuch nur erst um ein kleines Bruchstück des ehemaligen Nestes) wurden junge Imagines aufgenommen.

Sicherlich wird es in der Natur sowohl zu einer Aufnahme junger entflügelter Imagines in das eigene oder ein anderes Nest kommen. Es wird sich auch ereignen, daß Arbeiter und Soldaten auf ihren Erkundungszügen junge Pärchen in ihren Gründungsnestern antreffen und sich ihrer Pflege widmen. Sicher ist auch, daß die meisten Versuche einer Kolonie-Neugründung in der Natur scheitern, wobei allerdings biotische und abiotische Fremdeinflüsse mannigfacher Art den entscheidenden Anteil haben dürften. Welche Voraussetzungen demgegenüber erforderlich sind, damit sich junge Kolonien von *Termitidae*-Arten erfolgreich entwickeln, muß in weiteren Versuchen bei sich dazu bietenden Gelegenheiten weiterverfolgt werden.

Zusammenfassung

Es wurden Beobachtungen und Versuche über den Beginn der Kolonieentwicklung und deren Abhängigkeit von der Temperatur bei der in Mexiko (zum erstenmal für dieses Land) eingesammelten tropischen Termitiden-Art *Nasutitermes ephratae* Holmgren im Laboratorium in Berlin-Dahlem angestellt.

Sexualdimorphismus und Verhalten der Imagines vom Flügelabwurf bis zur Nestausformung werden beschrieben.

Die Eiablage setzt bereits 3 bis 4 Tage nach dem Flügelabwurf ein. Ein so geringer Zeitunterschied ist bisher nur von *Nasutitermes*- und *Tenuirostritermes*-Arten bekannt. Der Beginn der Eiablage ist zwischen 24 und 32° C unabhängig von der Temperatur.

In der ersten Zeit werden täglich meist 1 bis 3 Eier bis zu einer von der Temperatur nicht beeinflußten Gesamtzahl von durchschnittlich 25 bis 30 gelegt. Danach tritt eine Legepause ein, die mit dem Erscheinen der ersten Larven und ihrer Pflege zusammenfällt.

Die Embryonalentwicklung, deren Abhängigkeit von der Temperatur graphisch dargestellt ist, dauert bei 32 bis 30° C 22 bis 23 Tage, bei 28° C rund 25 bis 26 Tage, bei 26° C rund 30 bis 31 Tage, bei 24° C rund 42 Tage. Die kürzeste Entwicklungszeit liegt offenbar zwischen 30 und 32° C.

Nach einer von der Wärme abhängenden Zeitdauer zwischen 14 Tagen (bei 29° C) und 21 Tagen (bei 24° C) treten nach zwei Häutungen die ersten Vorsoldaten auf. Der günstigste Temperaturbereich für die Vorsoldatenausbildung liegt anscheinend niedriger als für die Embryonalentwicklung, und zwar bei etwa 29° C. Bis zur Häutung zum Soldaten dauert es, nur wenig von der Temperatur beeinflußt, 7 bis 8 Tage.

Die ersten dunkelköpfigen Arbeiter färben sich nach der zweiten Häutung

um 2 (bei 32°) bis 13 (bei 24°) Tage später, als die ersten Vorsoldaten auftreten, aus. Die ersten Vertreter der Arbeiterkaste werden somit um einige Tage früher fertig als die Soldaten. Der Zeitunterschied ist bedeutend geringer als bei anderen bisher untersuchten Termitenarten.

Die Abhängigkeit der Entwicklungszeit von der Eiablage bis zum Arbeiter und zum Soldaten ist ebenfalls graphisch dargestellt. Bei 32° und 30° dauert sie durchschnittlich rund 6 Wochen, bei 26° durchschnittlich 7 Wochen und bei 24° rund 11 Wochen. Nach Heranwachsen der Larven und Ausbildung der ersten Arbeiter begannen die Weibchen wieder mit der Eiablage. Diese wurde aber in den Kunstnestern nicht normal fortgesetzt.

Bereits nach 2 bis 3 Wochen fingen die Imagines in den Kunstnestern an, Eier zu fressen. Während der gesamten Beobachtungszeit wurde ungefähr die Hälfte der gelegten Eier verzehrt. Auch die Jungen wurden nach und nach aufgefressen. Nach einer mit der Temperatur wechselnden Zeit von 9 bis 15 Wochen waren das letzte Junge und Ei vertilgt, und wenige Tage darauf verendeten die Imagines. Nur bei Zusatz einer Gruppe von älteren Arbeitern und Soldaten ging die Kolonienentwicklung mit sich steigernder Legetätigkeit der jungen Königinnen weiter.

Summary

Laboratory observations and experiments were carried out, in Berlin-Dahlem, on colony formation in *Nasutitermes ephratae* Holmgren and its dependence on temperature. The termites were collected in Mexico and are recorded from there for the first time.

Sexual dimorphism and the behaviour of the adults from swarming to nest building are described.

Oviposition commenced three to four days after swarming and such a short time between swarming and egg laying is at present only known in *Nasutitermes* and *Tenuirostritermes*. Between 24 and 32°C the start of egg laying is not affected by temperature.

To begin with, one to three eggs were usually laid daily up to a total of 25 to 30 which is not affected by temperature. Then there was a pause in egg laying coincident with the appearance of the first larvae and their rearing.

Embryonic development lasted 22 to 23 days at 30–32°C, 25 to 26 days at 28°C, 30 to 31 days at 26°C and about 42 days at 24°C.

The first "white soldiers" appeared in 14 days at 29°C and 21 days at 24°C, after two moults. The optimum temperature for their development appears to be below that for embryonic development, about 29°C. Development to soldier was little affected by temperature and lasted 7 to 8 days.

The first dark headed workers matured 2 (at 32° C) to 13 (at 24° C) days after the first "white soldiers" appeared. The first workers are therefore mature a few days before the soldiers. This difference in time is much shorter than in other termite species studied up to now.

The development time from egg laying until the appearance of workers and soldiers was, on the average, about 6 weeks at 30 and 32° C, about 7 weeks at 26°C and about 11 weeks at 24°C. When the larvae were full grown and the first workers appeared, the females recommenced oviposition but this did not proceed normally in the artificial nest.

After two to three weeks, the adults started to eat eggs and during the observation period about half the eggs laid were destroyed; the larvae were also gradually eaten. After 9–15 weeks, according to the temperature, the last eggs and larvae were destroyed and the adults died a few days later. Only with the addition of a number of older workers and soldiers did colony development proceed further with increasing oviposition by the young queens.

Literatur

Adamson, A. M.: Laboratory technique for the study of living termites. Ecology **22** (1941), 411–414.

Becker, G.: Einige Beobachtungen über holzzerstörende Insekten (Termiten und Käfer) in Guatemala. Z. angew. Ent. **35** (1953), 339–373.

— Beiträge zur Prüfung und Beurteilung der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holz gegen Termiten. Holz als Roh- u. Werkstoff **7** (1961), 278–290.

Emerson, A. E.: Regenerative behaviour and social homeostasis of termites. Ecol., Durham, N. C. **37** (1956), No. 2, 248–258.

Gay, F. J., Greaves, T., Holdaway, F. G., and Wetherly, A. H.: Standard laboratory colonies of termites for evaluating the resistance of timber, timber preservatives, and other materials to termite attack. Div. For. Prod. C. S. I. R. O. Melbourne Bull. **277** (1955), 60 S.

Goetsch, W.: Staatengründung und Kastenbildung bei Termiten. Die Naturwiss. **29** (1941), H. 1, 1–13.

— Vergleichende Biologie der Insektenstaaten. 2. Aufl., Leipzig (Akad. Verlagsges.) 1953, 428 S.

Grassé, P. P.: Recherches sur la systématique et la biologie des termites de l'Afrique Occidentale Française. Ann. Soc. Ent. France **56** (1937), 1–100.

— Ordre des Isoptères ou Termites. In: Traité de Zoologie, Tome IX, Paris (Masson et Cie), 1949, 408–544.

Grassé, P. P., Noirot, Ch., Clément, G., et Buchli, H.: Sur la signification de la caste des ouvriers chez les termites. C. r. Acad. Sci. **230** (1950), 892–895.

Grassé, P. P., et Noirot, C.: La fondation de nouvelles sociétés par *Billicositermes natalensis* Hav. Insects sociaux **2** (1955), No. 3, 213–220.

Harms, J. W.: Koloniegründung bei *Macrotermes gilvus* Hag. Zool. Anz. **74** (1927), 221–236.

John, O.: Termiten von Ceylon, der Malayischen Halbinsel, Sumatra, Java und den Aru-Inseln. Treubia, Buitenzorg **6** (1925), 360–419.

Light, S. F.: The termite fauna of Mexico and its economic significance. In: C. A. Kofoid u. a. Verff., Termites and Termite Control. 2. Ed. Berkeley 1946, 334–339.

Light, S. F., and Weesner, F. M.: Methods for culturing termites. Science **106** (1947), 131.

— The incipient colony of *Tenuirostritermes tenuirostris* Desneux. Insects sociaux **2** (1955), 135–146.

Lüscher, M.: Continuous observation of termites in laboratory cultures. Acta Tropica **6** (1949), 161–165.

— Beobachtungen über die Koloniegründung bei verschiedenen afrikanischen Termitenarten. Acta Tropica **8** (1951), 36–43.

Noirot, C.: Les sexués de remplacement chez les termites supérieurs *(Termitidae)*. Insects sociaux **3** (1956), 145–158.

Snyder, T. E.: Catalog of the termites *(Isoptera)* of the world. Smithon. Misc. Coll. Vol. 112, Washington D. C. (1949), 490 S.

— Annotated, subject-heading, bibliography of termites. Smithon. Misc. Coll. **130** (1956), 305 S.

Snyder, T. E., and Zetek, J.: Damage by termites in the Canal Zone and Panama and how to prevent it. U. S. Dept. Agric. Dep. (1924), No. 1232, 1–25.

Weesner, F. M.: The biology of *Tenuirostritermes tenuirostris* (Desneux) with emphasis on caste development. Univ. Calif. Publ. Zool. **57** (1953), 251–301.

Weidner, H.: *Isoptera,* Termiten, weiße Ameisen. In: Sorauer-Blunck, Handbuch der Pflanzenkrankheiten **4** (1949), No. 1, 353–373.

KLEINE MITTEILUNGEN

Neue Forschungsergebnisse an Termiten

Von A. Herfs, Köln

Grassé, P. P.: **La reconstruction du nid et les coordinations interindividuelles chez *Bellicositermes natalensis* et Cubitermes sp.** – La theorie de la Stigmergie. Essai d'interpretation du comportement des termites constructeurs. – Insectes sociaux, Vol. VI (1), 41–83, Pls 7, 1959.

Die Hauptaufgabe der vorliegenden Untersuchung ist, durch Laborversuche an Arbeitern von *B. natalensis* und einer unbestimmten *Cubitermes*-Art – ausgeführt in Oubangi (Äquatorialafrika) – eine Erklärung für die soziale Koordination der von den Termitenarbeitern unternommenen Arbeitern zu finden. – Ein einzelner Arbeiter kann in der Erde graben, Erdklümpchen hervorholen und sie irgendwo absetzen, aber er baut nicht. Ansätze zum Bauen zeigen schon kleine Gruppen von 2–10 Arbeitern. Doch ist ihre Tätigkeit ungeordnet und ohne Zusammenhang. Gruppen von unter 50 Arbeitern beginnen zwar zu bauen, führen aber die Arbeit nicht zu Ende. Sie werden bald apathisch und arbeiten nur zeitweise. Der soziale Stimulus ist hier noch ungenügend. Erst Verbände von 100 Arbeitern sind – selbst ohne Königin – in der Lage, ein einfaches Nest zu bauen. Die stimulierende Wirkung der Gruppe auf das Individuum wird nun deutlich. Je mehr Arbeiter an dem Werk beteiligt sind, um so stärker wächst ihre Zahl mit dem Fortschritt des Baues. – Durch Farbmarkierung der Arbeiter konnte ihr individuelles Verhalten genau festgestellt werden. Der Versuch ergab: Die Tätigkeit des Arbeiters ist zu Beginn des Nestbauens durchaus unorientiert und verschiedenartig. Er fügt sich meist nur vorübergehend einer Arbeitsgruppe ein, um sie bald wieder zu verlassen und eine andere Tätigkeit (z. B. Füttern der Königin) auszuführen und vielleicht nach einiger Zeit zur alten Arbeitsgruppe zurückzukehren. Die bauenden Arbeiter bilden also kein festes Team. Der Arbeiter kann jederzeit verschiedenartige Tätigkeiten, Bauen, Füttern, Kundschaften, Lecken usw. ausführen. Ruhepausen (von 2, 5, 8 Minuten), während der die Termite unbeweglich bleibt, unterbrechen die Aktivitätsperioden in unregelmäßigen Zeitabständen. – Bemerkenswert ist, daß die Arbeiter ohne Zögern und ohne Berührung des im Bau befindlichen Nestteiles mit den Antennen die mit Speichel gekneteten Erdklümpchen in eine freie Lücke eines Bauelementes einsetzen. Die Klümpchen werden mit Vorliebe auf erhöhte Stellen (größere Erdhäufchen) abgesetzt, wobei wohl eine negative Geotaxis von Bedeutung ist. – Die Königin übt auf die Bautätigkeit der Arbeiter einen beträchtlichen, doch nicht den einzigen Reiz aus. Dabei spielt die unbewegliche trächtige Königin von *B. natalensis* als richtender Reiz für bauende Termiten eine größere Rolle als die unruhigere, bewegliche Königin von *Cubitermes*. – Das Absetzen der Erdklümpchen an gewisse Stellen hängt hauptsächlich von 2 Faktoren ab: 1. von der Anziehung, die frisch verbaute Erdbouletten wohl durch den Geruch des Knetspeichels auf die Arbeiter ausüben; 2. von der Tendenz, die übrigens schwach ist, an der gleichen Stelle zu arbeiten (vielleicht ein gewisses Ortsgedächtnis!). – Ein Haufen von Erdklümpchen wirkt als „un stimulus vraiment social". Er bildet einen signifikanten Reiz, den Bau zu orientieren. Zwei Reize bestimmen dabei die Tätigkeit der Arbeiter: 1. die von ihresgleichen ausgeführte Arbeit und 2. die Lage des Baueleinentes. Wenn der Bau der kleinen Erdsäulchen eine bestimmte Höhe („hauteur critique") erreicht hat (bei *Cubitermes* 4–5 mm, bei *Bellicositermes* 5–6 mm), wird das Höherbauen gestoppt. Die Erdklümpchen werden weiterhin

nicht mehr auf den Gipfel des Erdpfeilers, sondern seitlich angefügt. Ein isoliertes derartiges Bauelement verliert aber seinen Wert als signifikanten Reiz zum Weiterbauen. Die Arbeiter geben es auf. Für die Durchführung des Baues ist eine Reihe nahestehender Bauelemente nötig. Die Koordination der Bauarbeiten hängt nicht von den Arbeitern direkt ab, sondern von den Arbeiten, die sie ausführen, selbst. GRASSÉ sagt treffend: „L'ouvreir ne dirige pas son travail, il est guidé par lui." Diesen signifikanten Reiz, der von der Arbeit selbst ausgeht, nennt GRASSÉ „Stigmergie" (stigma = Reiz, ergon = Arbeit), d. h. „oeuvre stimulante". – Der Arbeiter beschränkt sich darauf, auf Reize, die von den Bauelementen ausgehen, automatisch zu reagieren. Es handelt sich also nicht um eine Anpassung der Termiten an eine besondere Situation. Ihre Informationen beim Bauen erhalten die absolut blinden Arbeiter durch olfaktorische Reize. So sind sie durchaus in der Lage, Lücken im Bauwerk ohne Abtasten mittels der Antennen wahrzunehmen. Es handelt sich hier um den „odeur-forme, den topochemischen Sinn. GRASSÉ hat nun seine früher vertretene Ansicht (1939), daß die Termitenarbeiter besondere Fähigkeiten besäßen, ihre Arbeiten zu koordinieren, fallengelassen. Heute glaubt er, daß sich alle diese Erscheinungen mit der Funktion eines fundamentalen Reaktionsmechanismus erklären. Bei der Vergrößerung des Nestes regt wohl eine „pression sociale" die Arbeiter zum Bauen an. Letzte Auslöser sind aber der Feuchtigkeitsgrad der Außenluft und der Grad der Humifikation der Erde, die das Nest bedeckt.

Das Verhalten der „bauenden Termitenarbeiter" unterscheidet sich von dem Verhalten solitärer und sozialer Tiere, wie es von den Verhaltensforschern LORENZ und TINBERGEN beschrieben wird, in drei Punkten: 1. Das Verhalten der Termitenarbeiter hängt nicht von vorangegangenen Reizen bzw. Reizbeantwortungen ab. – 2. Die Reizbeantwortungen sind hier unabhängig voneinander. – 3. Das Bau-Verhalten der Termiten zeigt keinerlei Organisation, keinerlei Verständigung der Akteure. Mit anderen Worten, das streng festgelegte Reaktionsschema, wie es TINBERGEN bei seinen Objekten nachwies, fehlt bei den „bauenden Termitenarbeitern". Sie geben sich gleichsam als unbeschriebene Blätter voll aufnahmefähig dem stigmergetischen Reiz hin. Die Reizbeantwortung saturiert nicht die Reaktionsfähigkeit der Termiten. Allerdings meint auch GRASSÉ, die Klugheit empfehle, nicht ganz die Möglichkeit einer Zusammenarbeit, bzw. einer Verständigung der Termitenarbeiter untereinander auszuschließen. Das Balzverhalten (parades sexuelles), das von den Verhaltensforschern mit Vorliebe studiert wurde, ist keineswegs ein Charakteristikum („apanage") der sozialen Insekten. Es ist vielmehr der spezielle Ausdruck des geselligen Verhaltens der solitären Tiere, bei dem Kettenreaktionen die Regel sind.

GRASSÉs Arbeit, deren Text durch 20 sehr schöne, hervorragend reproduzierte Photos aufs wirksamste ergänzt wird, verdient nicht nur das Interesse der Termitenspezialisten und der Entomologen, sondern im weitesten Maße die Aufmerksamkeit aller modernen Zoologen.

NOIROT, CH.: **Sur le nid et la biologie de *Macrotermes gilvus* Holmgr. dans les rizières du Cambodge.** – Insectes sociaux Vol. 6 (2), 179–185, 2 Taf. 1959.

Während eines kurzen Aufenthaltes in Kambodscha 1956 studierte NOIROT den Nestbau von *M. gilvus* in den Reisfeldern von Mékong. Die besten bisherigen Beschreibungen des Hügelnestes von *M. gilvus* stammen von HAVILAND (1898), BATHELLIER (1927), KEMNER (1934) und besonders von KALSHOVEN (1936, 1955, 1956). Die Architektur des Nestes ist sehr variabel. Zwei Nester konnte NOIROT kurz nach der Überschwemmung der Reisfelder genauer untersuchen. Der erste Nesthügel lag in der Niederung der Reisfelder auf einem kleinen Deich, der während der Überschwemmung kaum aus dem Wasser ragte. Der Termitenbau, ein irregulärer Konus, war 2 m hoch und 3,50 m breit (an der Basis) und bestand aus kompaktem, aber ziemlich brüchigem Erdmaterial. Der Mantel des Nestes hatte

eine Dicke von 40–90 cm, nur sehr wenige aber ziemlich breite (3–4 cm) Gänge. Hier und da lagen im Mantel horizontale Kammern mit einem Durchschnitt von 8–30 cm, Höhe 4–10 cm. Diese Kammern enthielten Pilzbeete. Der innere alveoläre Kern des Habitaculums ging ohne scharfe Grenze in den Mantel über und bildete eine große Höhlung, 60 cm hoch, größte Breite an der Basis 75 cm. Es besaß horizontale Scheidewände aus sandigem Ton, die durch vertikale Pfeiler und schräge Platten miteinander verbunden waren. Im Habitaculum kamen nur wenige Pilzbeete vor. Die Königinzelle fand sich nahe dem Gipfel des Habitaculums in einem großen tonigen, wenig individualisierten Klumpen. Die Basis des Habitaculums lag etwa 1 m über dem Erdniveau, die Königinzelle in einer Höhe von 1,50 m. Das zweite Nest lag 1,50 m über dem Niveau der Reisfelder. Es war nur 0,50 m hoch und von rußschwarzem Ton. Der einzige bedeutende Unterschied zum ersten Nest war, daß das Habitaculum dieses zweiten Nestes, das selbst bei Hochwasser nie überflutet wurde, zum größten Teil unterirdisch lag. Diese Anpassung des Nestbaues an die Überschwemmungen ist eine Besonderheit der *M. gilvus*-Nester auf den Reisfeldern. Unbekannt ist, ob die *M. gilvus*-Termiten der verschiedenen Milieus auch zu differenten Rassen gehören. – Bei den Überschwemmungen der Reisfelder sind die Termitenhügel von der übrigen Welt ganz abgeschnitten, so daß die Frage entsteht, wovon die Termiten während dieser Zeit leben. Nun haben schon frühere Untersucher von *M. gilvus*-Hügeln in den unteren Nestpartien vegetabilische Überreste, Häufchen von Holzspänen oder Blättern wie bei afrikanischen *Macrotermes*-Arten gefunden (Kalshoven 1956). Doch sind diese vegetabilischen Reste entweder sehr gering (wenige Zehner Gramm) oder fehlen ganz. Jedenfalls können sie keine wahren Reserven für Notzeiten bilden. Noirot und auch Kalshoven sehen in ihnen temporäre Depots eines Substrats für Pilzbeete, die die wirklichen Nahrungsreserven der Kolonie bilden. – Manchmal sind die *M. gilvus*-Hügel von ihren Erbauern verlassen. Sie werden dann gelegentlich von *Odontotermes* besiedelt.

Noirot, Ch. et J. Kovoor: **Anatomie comparée du tube digestif des termites.** – I. Sous familie des *„Termitinae"*. – Insectes sociaux, Vol. 5 (4), 440–471, 2 pls, 1958.

Während über den Verdauungstrakt der niederen Termitengruppen schon viel geschrieben wurde, ist über den Darmkanal der höheren Termiten *(Termitidae)* fast nichts bekannt. (Über den Darmtrakt von *Macrotermes natalensis* Haviland erschienen 1956 und 1959 zwei Arbeiten von H. Schmidt in dieser Zeitschrift!) Neuerdings konnten Grassé und Noirot (1954) nachweisen, daß der Verdauungstrakt der höheren Termiten von Gruppe zu Gruppe stark variiert. Vergleichend anatomische Untersuchungen des Darmkanals der *Termitidae* können daher über die systematische und phylogenetische Entwicklung dieser großen Termitenfamilie wertvollste Aufschlüsse erbringen. Auf Grund sorgfältiger anatomischer Vergleiche schufen Grassé und Noirot (1954) die Unterfamilie der *Apicotermitinae*. – Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit den *Termitinae*. Nur das Genus *Termes* ist xylophag. Diese Termiten ernähren sich von stark zersetztem Holz. Alle übrigen Genera sind mehr oder minder strenge Humusfresser. Verff. untersuchten insgesamt 19 von 22 afrikanischen Arten (mit Anschluß der *Apicotermitinae*). Die anatomischen Studien beschränken sich auf den Intestinaltrakt der Arbeiter, die von allen Kasten die höchste Differenzierung des Darmkanals aufweisen. Als Typ wurde zunächst *Thoracotermes brevinotus* Silvestri untersucht. Charakteristisch ist die Länge des Darmes, der das ganze Abdomen ausfüllt. Im vorderen Teil des Darmes bildet der Kropf eine ziemlich weite, asymmetrische Tasche. Der Magen ist vom Kropf nicht deutlich getrennt und zeigt nur eine geringe Entwicklung. Er besitzt 6 einfache Epithelverdickungen mit Chitinverkleidung in Längsrichtung, versehen mit sehr feinen Stacheln. Die Verbindung von Mittel- und Enddarm verläuft schräg

zur Darmaxe, so daß ein aus beiden Darmteilen gemischtes Segment entsteht. An dieser Stelle sitzen die 4 knäuelförmigen Malpighischen Gefäße. Der Enddarm besteht aus 3 Teilen: Den Pansen, begrenzt von einem mit Stacheln besetzten Sphinkter, der auf das „Mischsegment" folgt. Am Ende des Pansens liegt eine Darmklappe mit 12 stacheltragenden Längspolstern. Form und Anordnung der Stacheln sind durchaus charakteristisch. Ein zweiter, sehr kontraktiler Pansen besitzt einen Blindsack und geht ohne scharfe Grenze in einen dünnen, später sich leicht erweiternden Darmschlauch über, der in die Rektalampulle mündet.

Vergleichend anatomisch kann man nun zwei gesonderte Darmtypen unterscheiden. Den „Typ *Thoracotermes*", den 14 der untersuchten Genera zeigen. Charakteristisch ist dieser Darmtyp durch den einfachen Bau des Magens, die komplizierte Darmklappe, deren detaillierte Unterschiede jedes Genus zu identifizieren gestattet, die Existenz des Blindsackes am zweiten Pansen. 4 Genera gehören zum „*Termes*-Typ". Die Innenwand des Magens ist mit longitudinalen Epithelverdickungen versehen, deren allgemeine Anordnung durchaus mit der der niederen Termiten übereinstimmt. Die Darmklappe ist einfacher und weniger stark bestachelt als beim „*Thoracotermes*-Typ". Der zweite Pansen besitzt keinen Blindsack. – Das Genus *Ceratotermes* zeigt so besondere Abweichungen von beiden Typen, daß seine Klassifizierung schwierig ist.

Lambinet, Fr.: **La glande mandibulaire du termite a cou jaune** *[Calotermes flavicollis].* – Insectes sociaux, Vol. VI (2), 163–177, 1959.

Verf. studierte an gut fixiertem und gefärbtem Material die bisher nur wenig untersuchten Mandibeldrüsen von *C. flavicollis*. Die Mandibeldrüsen bestehen aus zwei verschiedenen Zellelementen: 1. Große Sekretzellen, von denen jede ihr Sekret durch ein intermediäres Kanälchen sezerniert; 2. kleine Zentralzellen. Bei der Häutung werden die Sekretkanälchen mitabgeworfen. Die kleinen Zellen bilden dann neue Kanälchen, indem sie zur Peripherie der Mandibeldrüse wandern, um dann zu degenerieren. – Beim Schlüpfen der Larve aus dem Ei ist die Mandibeldrüse fertig differenziert. Im Laufe der postembryonalen Entwicklung vergrößert sich wohl ihr Umfang, doch bleibt der anatomische Bau unverändert. Die Unterschiede im Bau der Mandibeldrüse bei den einzelnen Kasten sind auch nur gering, doch erreichen die Mandibeldrüsen ihre maximale Entwicklung bei den reifen Geschlechtstieren, den Imagines und den Neotenen. – Gute Schnittbilder erläutern den Text.

Williams, R. M. C.: **Flight and colony foundation in two Cubitermes-species** *[Isoptera: Termitidae].* – Insectes sociaux, Vol. VI (2), 203–218, 1959.

Cubitermes ist wohl das gemeinste und markanteste Genus der afrikanischen Termitinae südlich der Sahara. Fast alle *Cubitermes*-Arten leben von der Erde. Über ihre Biologie und wirtschaftliche Bedeutung ist nur wenig bekannt. Verf. studierte 1955–1956 *C. ugandensis* Fuller und *C. testaceus* Williams in der East African Agriculture and Forestry Research Organisation, Kikuyu (Kenya), hauptsächlich unter Laborbedingungen. – Beide Arten meiden schattiges Milieu. Sie sind typisch für offenes Grasland und Waldlichtungen. Hier kommen sie gemeinsam, manchmal sogar im selben Nest vor. – Die wichtigsten Beobachtungen über die Produktion der Geflügelten bei *Cubitermes* verdanken wir Harris, besonders seinen Studien 1955 in Kwawanda. Die Produktion von Geflügelten setzt in den am Viktoriasee gelegenen Gebieten von Ost-Uganda mit dem Ende der Trockenzeit (Anfang Februar) ein und währt den ganzen Monat. Der Flug von *C. ugandensis* findet Anfang März statt. Einige Kolonien schwärmen aber erst April. Die Schwärmzeit von *C. testaceus* liegt etwas später, gewöhnlich im April. 1955 gab es in Kawanda eine zweite, weniger begrenzte Schwarmsaison von *C. ugandensis* im Juni. Sogar noch

Juli/August wurden Schwarmflüge beobachtet. Verschiedene Hügel hielten die Geflügelten bis Oktober/November zurück. Bei *C. testaceus* begann 1955 die Schwarmzeit im Oktober in der Periode der „short rains". Mitte November hatten die meisten Kolonien noch viele Geflügelte. Die Flüge erfolgen während eines sonnigen Tages oder in der Nacht nach einem starken Regen. Nach Laborbeobachtungen scheinen beide Arten Tagschwärmer zu sein. – Aus dem Nest genommene geflügelte Imagines sind negativ phototaktisch und bleiben zusammengeschart. Sie schwärmen erst, wenn sie nicht in Gesellschaft anderer Termiten sind und dem Licht ausgesetzt werden. Der Einfluß des Lichtes und der für das Schwärmen nötige Helligkeitsgrad werden untersucht. – Das Abwerfen der Flügel wird durch Paarung erleichtert, ist aber – wenigstens für *C. ugandensis* nicht erforderlich. Auch geflügelte Imagines können sich bei beiden Arten paaren. Abschneiden der Flügel zeigt, daß der Verlust der Flügel und der Umschlag positiver Phototaxis in negative auch nicht direkt zusammenhängen. Lockstellung der Weibchen erfolgt meist, wenn beim Tandem das Weibchen den männlichen Partner verloren hat. Fehlen Männchen überhaupt, so laufen die Weibchen längere Zeit lebhaft umher, wobei dann zwischendurch die Lockstellung eingenommen wird. Rein männliche Tandems kommen vor, bestehen aber nicht lange. Rein weibliche Tandems werden nicht beobachtet. – Für die Wahl des Nestplatzes ist Thigmotaxis von Bedeutung. Erst wenn sich das Paar in der Nestzelle eingelebt hat, kann deutliche negative Phototaxis festgestellt werden. – Williams konnte bei seinen Versuchen mit *Cubitermes* eine hohe Plastizität im Verhalten der Imagines nach dem Flug feststellen. Im Gegensatz zu Lüscher (1951), der nach seinen Erfahrungen bei höheren Termiten einen streng zwangsläufigen Ablauf der Reaktionen im Schwarmverhalten annimmt, zeigt Williams, daß jedes Glied der Reaktionskette (Flügelabwurf, Tandem, Nestplatzwahl usw.) ausgeschaltet werden kann, ohne daß dadurch die Koloniegründung unmöglich gemacht wird (vgl. dazu Herfs 1955).

Geigy, R., u. H. Striebel: **Embryonalentwicklung der Termite *Kalotermes flavicollis*** – Experientia, Vol. XV, (12), 474, 1959.

Die langsame Embryonalentwicklung von K. fl. beträgt im Durchschnitt 54 Tage bei 26° C. Durch Aufhellung in Paraffinöl können die Umlagerungen des Keimes sichtbar gemacht und im Zeitrafferfilm festgehalten werden. – Mit Dotterbewegungen gelangen die Furchungskerne (am 6. Tag) an die Eioberfläche, direkt unter die 14–26 Mikropylen und bilden dort auf der Dorsalseite des Hinterpols das Blastoderm und die Keimanlage. Das Amnion faltet sich – im Gegensatz zu den meisten Hemimetabolen – ohne Einrollung an der Dotterperipherie durch Umklappen des Hinterrandes der Keimscheibe zu einer kugelförmigen Keimblase. Die eigentlichen Bewegungen des Keimes setzen am 31. Tag ein – 1. Phase der „Ausrollung". Der Kopfpol gleitet auf die Dorsalseite ums Hinterende herum. – Bildung des Dorsalorgans. – Die 2. Phase der Blastokinese zeigt starke Kotraktionen des Dotters. Der Keim rotiert nun um 180° um den Dotter (34. Tag). Der Embryo liegt wieder ventral mit dem Kopf am Vorderpol. Am 41. Tag erfolgt Rückenschluß durch Umwachsung des Dotters. Erste Kontraktionen des Herzschlauches am 42. Tag. Die Larve schlüpft nach zerreißen des Chorion an präformierter Stelle am 54. Tag. – Der Eityp von Kl. fl. zeigt einen extremen Kurzkeim, wie er bei Orthopteren am häufigsten ist. Er unterscheidet sich aber von diesem Typ durch die superfizielle Lage des Embryos vor der Blastokinese. – Eine ausführliche Arbeit soll nähere Einzelheiten bringen.

Ernst, E.: **Beobachtungen beim Spritzakt der *Nasutitermes*-Soldaten.** – Revue Suisse de Zoologie, Tome 66 (13), 289–295, 1959.

Im Gegensatz zu anderen Termiten mit „Kiefersoldaten" haben die *Nasutitermes*-Termiten außergewöhnlich große Mengen (etwa 50% der Gesamtpopulation)

„Nasensoldaten", während die „Kiefernsoldaten" der meisten Termitenarten etwa 5–20 % der Bevölkerung einer Kolonie betragen (bei *Cephalotermes* sollen sogar nur 1–2 ‰ Soldaten vorhanden sein). An gefährdeten Außenstellen, wo die Nasuti Verteidigungsfunktionen erfüllen, steigt ihr Anteil auf 70–90 %. In unregelmäßigen Zeitabständen, manchmal ganz kurzfristig, in anderen Fällen erst nach 2 Stunden, werden die Nasuti in der vordersten Postenkette abgelöst. – „Nasensoldaten" sind durch künstliche taktile und geruchliche Reize, so durch mechanische Erschütterungen, Luftzug oder fremde Gerüche (Feinde, Alkohol, Äther) sehr leicht erregbar. Ist die Reizquelle mehr als 1,5–2 cm entfernt, so erfolgt nur eine ungerichtete Reaktion, z. B. vermehrtes Rekognoszieren, rascheres Laufen. Trifft ein erregter Nasutus auf einen Nestgenossen, so wird die Erregung auch auf diesen übertragen. Arbeiter reagieren dann durch die Flucht. Bei extremer Erregung treten Übersprungsreaktionen auf, indem die Nasuti ziellos – auch auf eigene Nestgenossen – Exkrete spritzen. Befindet sich die geruchliche Reizquelle (auch Feind!) näher als 1,5 cm, so beobachtet man meist gerichtete Reaktionen, z. B. Frontmachen gegen den vermutlichen Feind, der regelrecht umzingelt wird. Ernst benutzte als Feindobjekt die stummelflügelige Mutation von *Drosophila melanogaster*. Der umzingelte Feind wird nun nicht ungestüm angegriffen. Die belagernden Nasuti verhalten sich eher ziemlich passiv mit pendelnden Antennen. Hält man den Nasuti eine mit dem Nasutusexkret bespritzte Pinzette hin, so werden sie viel leichter erregt und zum Spritzakt veranlaßt als durch eine saubere Pinzette, wohl ein Beweis, daß das Exkret durch seinen Geruch die Nasuti erregt. Ernst vermutet, daß geruchliche Reize vielleicht die alleinigen Faktoren sind, die die Exkretabgabe auslösen. Dabei scheint die „kritische Distanz" (von der Antennenspitze bis zum Feind) 1–2 cm zu betragen. – Der eigentliche Spritzakt konnte im Zeitdehnerfilm (300 Bilder/Sek.) genau verfolgt und festgehalten werden. – Nie konnte beobachtet werden, daß ein Soldat zweimal hintereinander spritzt. Kleine Insekten (Ameisen, Drosophila, Termiten), die im Versuch angespritzt werden, gehen in kurzer Zeit ein. Kommen die Insekten nur wenig, z. B. nur an den Extremitäten (durch künstliches Betupfen) mit dem Exkret in Berührung, so können sie sich häufig davon noch reinigen und sterben nur selten. Fressen *Kalotermes*-Termiten exkretgetränktes Filterpapier, so wirkt das Exkret im Darmkanal nicht toxisch. Wahrscheinlich beruht die Wirkung des viskösharzigen Exkretes nur durch seinen mechanischen Klebeeffekt. Ernst schließt aber doch eine insektizide Wirkung nicht unbedingt aus. Erst chemische Analysen des Nasutus-Exkretes können weitere Aufschlüsse darüber geben.

Roonwal, M. L., and o. B. Chhotani: **New Neotropical Element (*Anoplotermes*) in Indian Termite Fauna.** – Nature Vol. 184, Supplement No. 25, No. 4703, 1967–1968, (London) 1959.

Die Genera *Anoplotermes* Müller und *Speculitermes* Wasmann sind die einzigen Termitengattungen, die keine Soldatenkaste haben. Während Holmgren (1912) und Grassé (1949) *Speculitermes* als eine Untergattung von *Anoplotermes* ansahen, betrachtete Snyder (1949) und Verff. *Speculitermes* als eine selbständige Gattung, da die Unterschiede zwischen beiden, zweifellos nahestehenden Gattungen immerhin beträchtlich sind, wie auch der mitgeteilte Bestimmungsschlüssel dartut. Zu *Anoplotermes* gehören meist kleinere, schmalköpfige Formen. Der Stirnocellus fehlt entweder oder ist doch stark rückgebildet. Die Antennen sind kürzer (etwa 1,2–1,6mal so lang wie die Kopfbreite), 14gliedrig. Das 3. Segment ist kleiner als das 2. Die Vordertibia ist verdickt. *Speculitermes* umfaßt größere Arten mit breiteren Köpfen. Der Stirnocellus ist hier gut ausgebildet, die Antennen sind länger (1,5–2,0mal so lang wie die Kopfbreite) mit 14–15 Segmenten. Das 3. Segment ist länger als das zweite. Vordertibia nicht verdickt usw. – Von den bisher 43 bekannten *Anoplotermes*-Arten sind 32 neotropisch, 11 äthiopisch, eine nearktische Art kommt auch im neotropischen Gebiet vor. Eine neue in Assam festgestellte Art ist

die erste *Anoplotermes*-Species der orientalischen Region. – Von den 7 bekannten *Speculitermes*-Arten sind 4 neotropisch, 3 orientalisch, eine dagegen äthiopisch. *Anoplotermes* hat seinen Entwicklungsherd wohl in der neotropischen Region, wo sie noch heute dominiert, weit verbreitet auch im äthiopischen Gebiet, was im Einklang mit der WEGENERschen Theorie der Kontinentalverschiebung steht. Die Entwicklung der Gattung *Speculitermes* ist weniger klar. Sie kommt sowohl in der neotropischen als auch in der orientalischen Region vor. Hier geht sie aber nicht über die indomalaiische Subregion hinaus. Ihr völliges Fehlen in den dazwischenliegenden Ländern von Afrika ist unerklärlich.

SPRINGHETTI, A.: **Contributi allo studio delle termiti in Italia per l'impostazione razionale della lotta antitermitica.** — VIII. Esplorazione nelle Marche. — Boll. Instituto Patol. Libro „Alfonso Gallo", XVII (3–4) 1958 – auch als Sonderdruck: Centro di Studi per la lotta antitermitica, n. 48, 1–19, Roma 1958.

Wenig bekannt ist die Verbreitung der Termiten in den Marken, einem Gebiet von sehr unterschiedlichem Klima. In gewissen Bezirken dürften hier sicher ungefähr optimale Lebensbedingungen für Termiten herrschen. *Calotermes flavicollis* Fabre wurde neuerdings in toten Akazienästen des Gartens der Villa Leopardi in Recanati (Prov. Macerata) festgestellt. Verf. fand diese Art erneut in Recanati (Montelice), weiter in Porto Recanati (in Stämmen, die aus Montelice kamen) und in Stazione Osimo-Castelfidardo. *Calotermes* wurde auch in den Gemeinden Mondolfo (Prov. Pesaro) und Pedaso (Prov. Ascoli Piceno) nachgewiesen. In letzter Zeit stellte SPRINGHETTI *C. flavicollis* auch in totem Holz der Anlagen beim Dom der Stadt Ancona fest. In einem der 7 nachgewiesenen Fälle handelte es sich um die Mutation „fuscicollis". Länger bekannt war das Auftreten von *C. flavicollis* in den ländlichen Bezirken von Ancona. In Loretto (Prov. Ancona) und Urbino (Prov. Pesaro) blieb die Nachsuche nach Termiten negativ. Allerdings hat PERUZZI in den Landbezirken um Urbino einige Befallsspuren von *Calotermes* aufgedeckt. Auch in Camerino (Prov. Macerata) wurden weder in Stadt noch Land je Termiten gefunden. – Das Auftreten von *Reticulitermes lucifugus* wurde bisher in den Marken völlig übersehen, bis SPRINGHETTI diese Art für Castelraimondo (300 m ü. M., Prov. Macerata) nachweisen konnte. – Wie bei den früheren systematischen Untersuchungen über das Auftreten von Termiten oder die Befallsmöglichkeiten von Archiven und Bibliotheken wurden auch in den Marken diese Gebäude und Einrichtungen genau auf Termitenbefall begünstigende Umstände untersucht. Gartennähe, viel eingebautes Holz, besonders Holzfußböden in den zur Erde gelegenen Stockwerken, Feuchtigkeit usw. können befallsbegünstigende Bedingungen bilden und erfordern daher erhöhte Aufmerksamkeit und Kontrolle, die aber durch bauliche Eigenarten nicht immer leicht durchzuführen ist. – Eine kleine Kartenskizze, in der die Termitenfunde in den Marken eingetragen sind, zeigt, daß *Calotermes* bisher nur in den küstennahen Bezirken nachgewiesen wurde, während der einzige Fundort von *R. lucifugus* mehr im Binnenlande liegt.

STRIEBEL, H.: **Zur Embryonalentwicklung der Termiten.** – Acta Tropica, Vol. 17 (3), 193–260, 1960.

Das in einer kurzen Mitteilung von GEIGY und STRIEBEL (1959) an *Calotermes flavicollis* behandelte Thema hat nun durch STRIEBEL eine ebenso umfassende wie gründliche Darstellung erfahren. In der vorliegenden Arbeit berücksichtigt der Autor nicht nur *Calotermes flavicollis* (Fabricius), sondern auch die amerikanische Art *Zootermopsis nevadensis* (Hagen), deren Embryonalentwicklung bei 26° C bereits nach 28,5 Tagen abgeschlossen ist. Er studiert die Temperaturabhängigkeit der Embryonalentwicklung (auch für die einzelnen Stadien) bei *Z. nevadensis* im Be-

reich von 19–30° C und stellt eine Gesamtdauer der Eientwicklung von 40,5–26,5 Tagen fest. Verf. untersuchte gleichfalls die bei anderen Insekten bereits bekannte Volumvergrößerung des Eies während der Entwicklung. Bei *Calotermes flavicollis* scheidet die Serosa eine strukturlose Cuticula ab, die am 18. Tag fertig ausgebildet ist. Nun schwillt das Ei „beinahe schlagartig" an, indem es wohl mit der ganzen Oberfläche auf osmotischem Wege Wasser aufnimmt, was zu einer Volumvergrößerung auf das Doppelte führt. Im weiteren Verlauf der Entwicklung erfolgt trotz weiterer Wasseraufnahme keine Volumzunahme mehr. Bei *Zootermopsis nevadensis* beträgt die Volumzunahme sogar etwa das Dreifache, und nach Buchlis Beobachtungen an *Reticulitermes lucifugus* (1958) muß hier die Volumvergrößerung noch bedeutender sein. Doch erfolgt bei *R. lucifugus* wie auch bei *Z. nevadensis* die Volumvergrößerung langsam von Tag zu Tag während der ganzen Entwicklungszeit, während bei *C. flavicollis* die Volumzunahme sprunghaft „von einem auf den anderen Tag" auftritt.

Mathur, R. N. and Sen Sarma, P. K.: **Notes on the habits and biology of Dehra Dun termites.** – Journal of the Timber Dryers' and Preservers' Association of India, Vol. V (3), pp. 3–9, 2pls, 1959.

Termiten sind in 190 Arten über ganz Italien verbreitet. Davon kommen 24 Arten (11 Genera, 3 Familien) allein bei Dehra Dun vor. Die größten Schäden richten die Termiten am Holzwerk von Gebäuden an. Sie zerstören auch Telefonmasten, Zaunpfähle, Eisenbahnschwellen, Holzbrücken, Möbel, Boote, Bücher, Papier, Kleider, Wald- und Obstbäume usw.

Angulitermes dehraensis (Gardner) – *Termitidae* – Vorkommen: Malhan und an den Flußbänken des Tons in Dehra Dun, ferner W. Punjab (Pakistan). Diese seltene Art baut kleine zellenartige Nester in der Erde unter Steinen, sie schwärmt einige Male in der letzten Juniwoche. Die Soldaten können mit ihren Mandibeln kleine Sprünge ausführen. Wirtschaftliche Bedeutung unbekannt. Die Art wurde in W. Punjab im Holzwerk eines Hauses festgestellt.

Coptotermes heimi Wasmann – *Rhinotermitidae* – Vorkommen: Weit verbreitet in Indien und Pakistan. Schwärmt je nach den Klimabedingungen seines Vorkommens von Januar bis August, in Dehra Dun Juni/Juli nach heftigen Regen. Nester versteckt mit diffusen Kammern, die halbkartonartige, schwammähnliche Füllmassen enthalten. Die Galerien bestehen aus Exkrementen und anderem Material aber nicht aus Erde. *C. heimi* ist einer der zerstörendsten Holzschädlinge Indiens, der Häuser befällt und schwere Störungen in der elektrischen Stromversorgung durch Zernagen der Kabelisolierungen verursacht. Diese Termite vernichtet auch Bücher. 12 Baumarten (auch *Cactus*), die von *C. heimi* befallen werden, sind angegeben. Teakholz wird nicht stark beschädigt.

Heterotermes indicola Wasmann – *Rhinotermitidae* – verbreitet in Indien und Pakistan (bei Abbottabad sogar in 1220 m Höhe). Erdtermite, Nester diffus im Boden, von außen nicht sichtbar, schwärmt in Dehra Dun Mitte Juli während des Regens zwischen 9–12 PM und nachts. Die Galerien sehen aus wie aneinander gereihte Sanduhren, d. h. auf ein normal enges Stück folgt ein tubenförmig aufgetriebenes Teil, dann folgt wieder eine Verengung usw. In den engen Galeriepartien herrscht Einbahnbetrieb, in den erweiterten kreuzt sich der Hin- und Herverkehr. Freihängende Galerien können sehr lang (bis 1,22 m) werden. Die chemische Untersuchung ergab, daß die Galerien weder Erde noch Holzteilchen enthalten. Der Aschengehalt beträgt 1,6 %. *H. indicola* ist ein sehr gefährlicher Holzschädling. Die Stadt Shri Hargovindpur (Punjab) wurde von dieser Termitenart völlig zerstört. Holztüren, Fensterrahmen, Holzbalken, Bretter, alles Material aus Zellulose werden befallen und vernichtet. Selbst dicke Lagen von Steinkohlenteer um und unter Holzbalkenfußboden des Sitzungssaales im Forstinstitut in Dehra Dun konnten die Zerstörungen des Holzes durch die Termiten nicht verhüten.

Neotermes bosei Snyder – *Kalotermitidae* – wurde bisher nur in Dehra Dun festgestellt. Diese große, primitive Art lebt in trockenen, z. T. morschen Holzteilen stehender Bäume, *Artocarpus lakoocha, Cedrela toona, Cinnamomum cecidodaphne* usw., dringt aber von dort in lebendes Holz ein. Äußere Galerien werden nicht gebaut. So gibt es kein sichtbares Zeichen für den Befall. Die inneren Gänge sind nicht nur auf das Weichholz beschränkt, sondern erstrecken sich auch tief in das Hartholz hinein. Diese Gänge sind oft mit Kotkörnern gefüllt. Vielleicht besitzen sie (nach Roonwal und Sen Sarma, 1955) hygroskopische Funktionen. Wie bei anderen *Kalotermitidae* fehlt eine richtige Arbeiterkaste, deren Aufgaben von Nymphen (Pseudergaten) übernommen wird. Geflügelte Imagines treten im Februar, April und Juli auf. In einer Kolonie findet man nur ein Königspaar, das aber nicht in einer Königskammer, sondern in den zentralen Tunnels tief im Innern des Holzes sitzt.

Mathur, R. N. and Sen-Sarma, P. N.: **Hitherto unknown imago caste of the species of *Globitermes*, *Microcerotermes* and *Odontotermes* from Indo-Malayan Region *[Isoptera: Termitidae]*.** – Indian Forest Bulletin No. 219, (N. S.) Entomology, pp. 1–9, 3 pls, Dehra Dun 1958.

Die Arbeit bringt die Beschreibung der unbekannten Imagokaste von 3 indischen Termitenarten: *Globitermes audax* Silvestri unterscheidet sich von *G. globosus* (Haviland) durch höhere Werte für die Körpergröße und das Maximum der Kopfbreite über den Augen, während bei *G. sulphureus* (Haviland), Borneo, Malaiische Halbinsel diese Werte etwas höher sind als bei *G. audax*. – *Microcerotermes burmanicus* Ahmad steht *M. championi* Snyder, N. Indien sehr nahe, doch sind folgende Unterschiede vorhanden: *M. burmanicus* hat große Augen, max. Durchmesser 0,25 mm, kleinste Ocellendistanz = dem längsten Ocellendurchmesser; *M. championi* hat kleine Augen, max. Durchmesser 0,18 mm, kleinste Ocellendistanz = kleiner als der längste Ocellendurchmesser. Vorderrand des Pronotums bei *burmanicus* tief eingebuchtet; bei *championi* Einbuchtung sehr flach.

Odontotermes parvidens Holmgren und Holmgren gleicht *O. feae* (Wasmann) sehr, zeigt aber doch einige deutliche Unterschiede. – Das 4. Antennensegment ist bei *parvidens* länger als das dritte, bei *feae* dagegen viel kürzer. Die Flügelflächen sind bei *parvidens* nicht behaart, bei *feae* ist der Mittelteil der Flügelflächen spärlich behaart. Die Körperlänge (mit Flügeln) ist bei *parvidens* groß (29–30 mm), bei *feae* klein (26 mm); Vorderflügellänge (mit Schuppe) bei *parvidens* lang (25,6 bis 26,8 mm), bei *feae* kurz (21 mm).

Kalshoven, L. G. E.: **Investigations of the initial infestation of new teak plantations by the trunk-inhabiting termite, *Neotermes tectonae* Damm., in Java.** – Entomologische Berichte, Deel 19, pp. 138–143, 1959.

In jüngeren, noch nicht 15–20jährigen Teakpflanzungen werden *Neotermes*-Infektionen häufig übersehen. Genauere Untersuchungen zeigen, daß ein beträchtlicher Prozentsatz der Bäume im oberen Stammteil Rindenverdickungen, in der Eingeborenensprache Zentraljavas „inger-inger" genannt, zeigt. Sie stellen eine Abwehrreaktion kräftiger Bäume auf die unter der Rinde Gänge ausfressenden *Neotermes*-Termiten dar. In 5jährigen Plantagen sind derartige Befallszeichen trotz vorhandener, geringfügiger Infektionen noch nicht festzustellen. In 7jährigen Kulturen sind diese Rindenschwellungen bei einem durchschnittlichen Gesamtbefall von 1,5 % nur 0,1–0,4 % p. ha. In 10jährigen Forsten beträgt der Gesamtbefall im Durchschnitt 5,5 % und die sichtbaren Rindenschwellungen 1,0–2,4 % p. ha, und in 11jährigen erreichen die entsprechenden Werte 10,7 % bzw. 6,1 %. In 5jährigen Kulturen ist auch die Individuenzahl der *Neotermes*-Kolonien noch gering, z. B. 59

Termiten, die nach KALSHOVEN aus einer etwa 17 Monate alten Kolonie stammten, so daß der Befall 4 Jahre nach der Anlegung der Pflanzung erfolgt sein mußte. Der erste sichtbare Befall konnte an einem Baum einer 6jährigen Kultur festgestellt werden. Die Kolonie, die diese Rindenschwellung verursachte, zählte 200 Termiten und war 3 Jahre alt, so daß also der erste Befall in der 3 Jahre alten Pflanzung stattgefunden haben mußte. In einer 10jährigen Kultur wurde ein sichtbarer Befall von 9% aller Bäume festgestellt. In einem 12jährigen Forst schnellte der Befallswert sogar auf 30% in die Höhe, d. h. etwa 1/3 aller Bäume zeigten sichtbare Rindenanschwellungen. In älteren 7–12jährigen Kulturen war auch die Individuenzahl der Kolonien sehr hoch. Mehrfach wurden Zahlen von über 1000 Termiten ermittelt (1667 aus einer 12jährigen Kultur). „Reife" Kolonien, d. h. solche, die geflügelte Imagines erzeugen und ausschwärmen lassen, treten in 7jährigen Teakpflanzungen auf. Von diesem Zeitpunkt erfolgt die Infektion nicht nur durch Überflug von fremden infizierten Pflanzungen her, sondern durch Selbstinfektion innerhalb der eigenen Kultur. Wie KALSHOVEN feststellen konnte, ist *Neotermes tectonae* recht flugtüchtig. Die Schwarmtermiten sind imstande, direkt gegen den Wind 200 m über offene Flächen zu fliegen. Sie sind also durchaus nicht auf eine passive Verbreitung durch den Wind angewiesen.

KALSHOVEN, L. G. E.: **Biological notes on the *Cryptotermes* species of Indonesia.** – Acta Tropica, Vol. 17 (3), 263–272, 1960.

Für Indonesien sind 3 *Cryptotermes*-Arten nachgewiesen: *C. domesticus* (Hav.), weit verbreitet in SO-Asien, SW-Pazifik-Region und auf den Papua-Inseln, zuerst von Borneo und Malya beschrieben, in letzter Zeit auch in Java nachgewiesen. – *C. cynocephalus* Light, ursprünglich auf den Philippinen festgestellt, wird häufig mit der ersten Art zusammen gefunden, in Java in Holzregalen für Textilwaren, in altem Holzwerk eines abgerissenen Hauses, in Toona und Durio-Holz sowie in dürren Partien von Kokospalmen usw. – *C. dudleyi* Banks, zunächst aus dem tropischen Amerika gemeldet, jetzt aber weit verbreitet in der indomalaiischen, papuanischen und australischen Region. Wahrscheinlich ist diese Art aber ursprünglich in Afrika beheimatet. Sie wurde auf Java in verschiedenen Holzarten gefunden, in gestapeltem Holz, Fußleisten, Bootsholz, Rundsparren aus Teakholz in Pflanzungen, wo sie 8 Jahre in Gebrauch waren, Pianogestellen usw. Der Kot wird in leeren Kammern angehäuft und durch runde Löcher in den Außenwänden des befallenen Holzes ausgeworfen. Der Kot ist meist braun oder rötlich. Wird Weichholz von Teak gefressen, so wird der Kot weiß, nach Aufnahme von Bambus schwarz. KALSHOVEN meint, weil Bambus eine für *Cryptotermes* ungeeignete Nahrung sei. Das Schwärmen der kleinen Imagines von *C. cynocephalus* findet am frühen Morgen nach Sonnenaufgang statt. Die Imagines verlassen das Nest nur in geringer Zahl. Die Flüge erfolgen zu wiederholten Malen in Intervallen von 5–10 Tagen von Ende Juli bis Anfang Dezember. Zur Ansiedlung und Nestgründung benutzen die Königspaare gern kleine runde Löcher, Bohrlöcher von Scolytiden und Platypodiden, in Bambus die Fluglöcher eines kleinen Bockkäfers *(Chlorophorus annularis)*. Die Geflügelten von *C. dudleyi* schwärmen abends und in der Dunkelheit. Sie werden von hellen Flächen angezogen und lassen sich gern auf weißen Kleidern nieder. Die Schwarmzeit fällt mit der von *C. cynocephalus* zusammen. Nach dem Eindringen ins Holz schließen die Imagines die Öffnung mit einer schnell erhärtenden schwarzen Flüssigkeit, die aus einem longitudinalen Schlitz eines abdominalen Valvenpaares ausgeschieden wird. Eine Cryptotermes-Kolonie besteht aus mehreren hundert, vielleicht sogar aus einigen tausend Individuen. Neotene wurden bisher noch nicht beobachtet. Das Material der Galerien besteht aus einer Fäkalmasse, die in Tröpfchen ausgeschieden wird und an die von den nestgründenden Imagines sezernierte Substanz zum Verschluß der Eindringöffnung erinnert. KALSHOVEN fand auf Java in den *Cryptotermes*-Nestern keine Termitophilen, auch keine räu-

berischen Insekten. Wohl die meisten Holzarten sind als Nahrung für Trockenholztermiten geeignet. Nicht nur hellgefärbte Hölzer von geringem spez. Gewicht werden zerstört, sondern auch das Saftholz dauerhafter Harthölzer. Doch gibt es auf Java einige Leichthölzer, wie *Albizzia chinensis,* deren Holz einen eigenartigen Geruch besitzt und von *Cryptotermes* gemieden wird. Das Jungholz von Teak wird ebenso gefressen wie seine weißen Jahresringe, selbst solide Balken dieser Holzart, die lange in Gebrauch waren. Das Holz von *Altinga excelsa,* eine der wertvollsten Holzarten W-Javas, wird mit Ausnahme des Kernholzes alter Bäume von *Cryptotermes* zerstört. Auch europäische Hölzer wie Eiche und Buche werden befallen, ebenso Palmenholz und verschiedene Bambusarten. Auch andere cellulosehaltige Materialien, Papier, Bücher, Textilien, Pappdeckel werden zerstört. Verf. gibt auch eine Reihe indonesischer Vulgärnamen an, die vielfach für die verschiedenen Kasten von *Cryptotermes* unterschiedlich sind. Mit befallenem Holz – auch Schiffsholz – werden diese Termiten leicht verschleppt. Einige Arten haben heute eine geradezu weltweite Verbreitung. – Bekämpfung: In Java begaste man in 2 Fällen befallene Pianos erfolgreich mit CS_2 in Gaskammern. Nach dem Krieg kam Methylbromid zur Anwendung. Die Behandlung von Holzwerk in Gebäuden erfolgte mit chlorierten Kohlenwasserstoffen. Die Resultate waren einigermaßen gut, wo es sich um Balken und Bretter von nicht zu großem Umfang handelte. Da die *Cryptotermes*-Kolonien häufig tief im Holz sitzen, müssen die Präparate ein gutes Durchdringungsvermögen besitzen. Eventuell müssen vorher Löcher in das zu behandelnde Holz gebohrt werden, in die man die Imprägnationsflüssigkeit eingießt.

Ernst, E.: **Fremde Termitenkolonien in *Cubitermes*-Nestern.** – Revue Suisse de Zoologie, Tome 67 (8–25), pp. 201–206, 1960.

Bei einem Aufenthalt in Tanganjika hatte Verf. Gelegenheit, etwa 150 Nester von *Cubitermes*-Termiten zu studieren, in denen neben den ursprünglichen Bewohnern zu einem sehr hohen Prozentsatz (rund 70%) fremde, eingewanderte Termitenarten – in einigen Fällen bis zu 5 verschiedene Arten – vorkamen. Alle Mitbewohner gehörten zu den *Termitidae,* und zwar in der Reihenfolge der Häufigkeit: *Microcerotermes,* andere *Cubitermes*-Arten, *Microtermes, Ancistrotermes, Amitermes, Noditermes, Crenetermes, Euchilotermes* und *Trinervitermes,* seltener *Procubitermes, Termes* und *Promirotermes.* In den peripheren und basalen Nestteilen wurden *Procubitermes, Promirotermes* und *Termes* gefunden. Sie legen ihre engen Gänge in den Zwischenwänden der Kammern des *Cubitermes*-Nestes an. *Euchilotermes* kam dagegen in den *Cubitermes*-Kammern selbst vor. Dort findet man auch *Noditermes* und *Crenetermes.* Diese Arten bauen aber auch selbständige Nester, die denen von *Cubitermes* sehr gleichen und häufig von *Ancistrotermes* und *Microcerotermes* mitbewohnt werden. *Amitermes* und *Microcerotermes* überziehen die von ihnen bewohnten Nestteile mit stercoralem Holzkarton. *Trinervitermes* verändert bei starker Besiedlung die *Cubitermes*-Neststruktur in die mehr lockere, eigene Bauart um. *Ancistrotermes* und *Microtermes* behalten ihre unterirdischen, aus verstreuten Höhlungen bestehenden Nester bei und legen nur einzelne Pilzgärten im *Cubitermes*-Nest an, die durch feine Gänge mit dem eigenen Nest in Verbindung stehen. Da die Pilzgärten der Gasttermiten vielfach größer sind als die *Cubitermes*-Kammern, werden Zwischenwände benachbarter Kammern abgetragen, so daß nun ein einheitlicher Raum entsteht. Manchmal wohnen mehrere *Cubitermes*-Arten gemeinsam in größeren Erdnestern. Es ist dann nicht leicht zu entscheiden, welche Art der ursprüngliche Erbauer des Nestes ist. Sogar eine Verschmelzung vorher selbständiger Nester ist hier nicht auszuschließen. Ernst konnte am *Microcerotermes* die gradweise Besiedlung des *Cubitermes*-Nestes durch den Einmieter von nur wenigen Gängen in den Zwischenwänden der basalen Nestkammern bis zur Okkupation ganzer Kammern und dem Bau vollständiger Kartonnester beobachten. Immer stellte Verf. fest, daß die Gangsysteme der verschiedenen kohabitierenden Arten

völlig voneinander getrennt sind. Stets ist das Nestsystem des Einmieters sorgfältig von dem des Erbauers abgeschlossen. Da die Abschlüsse nach Material und Struktur mit der Bauweise von *Cubitermes* übereinstimmen, werden die Abriegelungen wohl von *Cubitermes*-Arbeitern, also den Erbauern des Nestes, vorgenommen. Das friedliche Zusammenleben verschiedener Termitenarten in einem Nest ist nur scheinbar, da zwischen den Arten durch die absolute Trennung der Nester keine direkten Kontakte bestehen. Immer wieder kann man beobachten, daß bei Öffnen von Nestern unter den kohabitierenden Termitenarten heftige Kämpfe entbrennen, wodurch der Forscher manchmal zuerst auf das Zusammenwohnen verschiedener Termitenarten in einem Nest aufmerksam wird.

HARRIS, W. V.: **Further Records of East African Termites III.** – The Proceedings of the Royal Entomological Society of London, S.B. Taxonomy, Vol. 29 (1–2), pp. 7–21, 1960.

Odontotermes montanus n. sp.: Die nach Soldaten neubeschriebene Art unterscheidet sich von dem nahestehenden *O. tanganus* Sjöstedt durch die geringere Größe und plattere Kopfseiten. Die Mandibeln sind verhältnismäßig länger und schlanker. Der Mittelzahn der rechten Mandibel ist konischer. – Gemeine Erdtermite im Kenia-Hochland (1500–2400 m ü. M.), frißt tote Äste in Zederwäldern und Forsten der australischen Akazie, befällt Zaunpfähle, Bauholz usw.

Odontotermes lacustris n. sp.: (N-Rhodesien, Njassaland) – Nach ♂♂- und ♀♀-Imagines neubeschriebene Art. Im Gegensatz zu *O. montagnus,* dessen Soldaten 17 Antennenglieder haben, hat der *lacustris*-Soldat nur 16. – Erdtermite des trockenen, offenen Waldlandes mit *Brachystegia* oder *Copaifera* oder offene Kurzgrasfluren mit Akazien durchsetzt.

Odontotermes flammifrons (Sjöstedt): Beschreibung der Soldaten, Antennengliederzahl 17–18, Belg.-Kongo, N-Rhodesien. – Erdtermite des *Brachystegia*-Waldlandes in Höhenlagen von 1500 m unter ziemlich feuchten Bedingungen. Das unterirdische Nest ist gewöhnlich durch mehrere Öffnungen auf der Oberfläche von Blößen gekennzeichnet, die besonders zur Schwarmzeit auf niedrigen Türmchen liegen. Zur Regenzeit bringen diese Termiten Fragmente der Pilzbeete an die Erdoberfläche, aus denen sich dann kleine weiße, eßbare Pilze der Gattung *Termitomyces* entwickeln.

HARRIS, W. V.: **Colony Formation in the Isoptera.** – 10. Int. Congr. Entom., Proc., Vol. 2, 435–439, 1956 (1958).

Drei Wege werden aufgezeigt, die bei Termiten zur Koloniegründung führen können: 1. Koloniegründung durch ein Paar geflügelter Imagines. – Den primitiven Stil des Schwärmens kann man durch die Stichworte "little and often" charakterisieren. Nach KALSHOVEN (1930) schwärmen die Geflügelten von *Kalotermes tectonae* während einer dreimonatigen Schwarmzeit an vielen Abenden, aber jedesmal nur in geringer Zahl. Ähnliche Beobachtungen machten HERFS (1951) an *Reticulitermes lucifugus* (unter Laborbedingungen) und MILLER (1955) an *Kalotermitidae* in Florida. Bei *Termitidae* dagegen sind die Schwärme auf bestimmte Zeiten des Jahres beschränkt und an gewisse Tageszeiten gebunden. Das bedingt, daß viel größere Mengen Imagines schwärmen als bei den *Kalotermitidae*. Nach SKAIFE (1954) hat *Amitermes atlanticus* in Südafrika einen Hauptschwarm im Jahr mit einem kleinen Sekundärflug etwa zwei Monate später. Nach HARRIS' eigenen Beobachtungen in Tanganjika fällt die Schwarmzeit in die Monate November bis Mai mit nur vereinzelten Regenschauern. – 2. Koloniegründung durch Isolierung eines Teiles einer Termitenkolonie und Entwicklung von Ersatzgeschlechtstieren. – Neotenie ist charakteristisch für primitivere Termiten und fehlt daher den hochentwickelten

Termitidae. Diese zweite Art der Koloniegründung – gleichsam durch „Ableger" – nennt man im Englischen „budding". Ersatzgeschlechtstiere können neotenisch aus den Larven der verschiedensten Kasten gebildet werden aber auch aus juvenilen Imagines. Dieser letzte Modus ist bisher nur von *Termitidae*, d. h. also von höheren Termiten, bekannt geworden. COATON (1949) beschreibt ihr Auftreten bei *Macrotermes natalensis* und *Odontotermes latericius*. „Budded colonies" kommen bei der in Baumnestern lebenden, ostafrikanischen Termite, *Nasutitermes infuscatus*, vor, weiter bei den hügelbauenden *Trinervitermes*, *Cubitermes* und bei *Microcerotermes amboinensis*, eine Art, die auf Amboina Holzkartonnester auf Bäumen baut (WEYER, 1930). Am ausgeprägtesten findet man diesen zweiten Modus der Koloniegründung bei den *Kalotermitidae* und den *Rhinotermitidae*, wo ein difuses Nestsystem mit Neotenie verbunden vorkommt. „Budded colonies" werden häufig bei zwei ostafrikanischen *Rhinotermitidae*, *Coptotermes amani* und *Schedorhinotermes lamanianus* gefunden. Im gemäßigten Klima scheint *R. lucifugus* diesen Modus der Koloniegründung der Nestgründung durch ein geflügeltes Imagopaar vorzuziehen, da nach Laborerfahrungen in Deutschland und nach Freilanderfahrungen in gewissen Teilen Italiens Geflügelte selten auftreten. – Nach Laborerfahrungen des Ref., der lange Jahre hindurch *R. lucifugus* in Großkulturen unter tropenähnlichen Bedingungen zog, treten geflügelte Imagines in sehr großer Zahl auf. Auch können aus unter diesen Bedingungen gewonnenen Tandempärchen ohne besondere Schwierigkeiten neue Kolonien herangezüchtet werden (HERFS, 1951). *Mastotermes darwiniensis* (Nordaustralien) bildet volkreiche Kolonien. Nach RATCLIFFE (1952) sollen aber echte Königinnen selten, die Zahl der neotenischen Königinnen dagegen groß sein. Das häufige Vorkommen von kleinen *Mastotermes*-Kolonien spricht nach HARRIS auch hier für das Überwiegen der „budding"-Koloniegründung. – 3. Koloniegründung durch Abwandern der Geschlechtstiere („Soziotomie"). – Eine radikale Abweichung von den beiden ersten Modi der Koloniegründung wurde nach Beobachtungen von GRASSÉ und NOIROT (1951) in Westafrika bekannt, wo lichtscheue Termiten bei hellem Tageslicht auf Wanderung angetroffen wurden. In einem dieser Fälle handelte es sich um eine physogastrische Königin von *Anoplotermes*, die in einer regelrechten Kolonne, umgeben von Arbeitern, Nymphen, Larven und einigen Termitophilen (Soldaten besitzt *Anoplotermes* nicht!) wanderte. In zwei anderen Fällen handelte es sich um *Trinervitermes bettonianus*, wo einmal ein geflügeltes Königspaar mit Arbeitern, Nymphen und Larven zusammen wanderte. Ein ähnliches Verhalten konnte verschiedentlich auch in Ostafrika bei zwei *Anoplotermes*-Arten beobachtet werden. Vielleicht kommt auch nach EMERSONS Beobachtungen (1945) bei *Syntermes territus* in Südamerika „Soziotomie" vor. HARRIS weist auf die Ähnlichkeit der „Soziotomie" (der Name stammt von GRASSÉ und NOIROT, 1951) mit dem Schwärmen der Bienen hin.

In der Diskussion zu diesem ebenso interessanten wie inhaltreichen Vortrag des bedeutenden englischen Termitenkenners stellt D. M. DAVIES die Frage, ob Kolonien, die durch Ersatzgeschlechtstiere gegründet würden, echte geflügelte Imagines erzeugen könnten. – HARRIS antwortet: Es gibt keinen Beweis, daß eine von Ersatzgeschlechtstieren gegründete Kolonie keine normalen Geflügelten hervorbringen könnte, falls der Nestverband die entsprechende Größe erreicht hat. – Dazu möchte Ref. ergänzend bemerken: Bei *R. lucifugus* ist nach eigenen Laborbeobachtungen eine echte Königin nur in jungen, kleinen Nestverbänden vorhanden. In größeren, älteren Kolonien trifft man ausnahmslos Ersatzgeschlechtstiere, die normale geflügelte Imagines in großer Zahl produzieren.

HARRIS, W. V.: **Notes on termites injurious to forestry in British Honduras.** – Emp. For. Rev. **38**, 181–185, 1959.

Während eines kurzen Besuches (Oktober 1958) studierte HARRIS die forst- bzw. holzschädlichen Termiten von Br.-Honduras. Ungefähr 90% des Landes sind be-

waldet. Das Klima ist subtropisch. Im Norden des Gebietes fallen durchschnittlich 127 cm, im Süden bis zu 445 cm Regen. – Holz ist der Hauptexportartikel. Zuerst überwog Blauholz (logwood), dann Mahagoni, *Swietenia macrophylla*. Seit 1945 tritt Pitchpine, *Pinus caribaea*, immer stärker in den Vordergrund, das früher als Bauholz in Honduras nur eine lokale Bedeutung hatte. – *Coptotermes niger* Snyder, vom Volksmund „Cucayo" genannt, ist ein großer Schädling an wachsenden Bäumen. Die Termiten dringen durch Wundstellen am Stamm oder vom Boden aus durch beschädigte Wurzeln in den Baum ein, den sie mitten im Hartholz mit einem kontinuierlichen Tunnel vielfach vom unteren Ende bis zum Gipfel durchziehen, wobei Seitengänge in das Weichholz führen. Bei Pitchpine ist der Zentralgang nicht so deutlich ausgeprägt. Von Mahagonibäumen sind im Zentralbezirk des Landes 7,8 % der Stämme mit 12 in. (etwa 30 cm) Umfang von *Coptotermes* befallen, in der nördlichen Küstenebene sogar 13,6 %. Der Schaden nimmt mit steigendem Alter der Bäume zu: Von Stämmen mit 18 in. (etwa 46 cm) Umfang waren beim Fällen 12,7 % von Termiten befallen; von solchen über 6 ft. (183 cm) Umfang zeigten 19 % Befall, von Bäumen über 9 ft. (274 cm) Umfang sogar 44,9 % Befall. Auch im Bauholz der Häuser und in Holzzäunen wird *C. niger* gefunden (nach G. Becker 1953, in Guatemala zusammen mit *C. crassus* und *Heterotermes sp.*). Schäden an Holzhäusern werden in Honduras auch der kleinen Erdtermite *Heterotermes convexinotatus* (Snyder) zugeschrieben. Die Baumnester von *Nasutiterems corniger* (Motschulsky) und *N. nigripes* (Haldeman) kommen in vielen Teilen von Br.-Honduras häufig vor. *N. nigripes* unterscheidet sich von *N. corniger* durch die dunkleren Köpfe der Soldaten. Die Soldaten sind langbeinig und in ihrem Gebaren ameisenähnlich. *N. corniger* befällt Zaunpfähle und Bauholz. Nicht nur dörfliche Palmhäuser oder rohe Planken werden befallen, sondern sogar Türrahmen moderner Zementblockhäuser. Im Volksmund heißen die *Nasutitermes*-Termiten „woodlices". In größeren Balken eines 1955 durch einen Hurrikan zerstörten Hauses, die zur weiteren Verwendung lagerten, fand man *Kalotermes tabogae* Snyder, eine Art, die ursprünglich aus Panama beschrieben wurde, wo sie in einem Holzstamm an der Küste vorkam. – Die weitverbreitete Trockenholztermite *Cryptotermes brevis* (Walker) wurde auch in Br.-Honduras im Bauholz noch nicht alter Häuser und besonders in Möbelholz als ernster Schädling festgestellt. Die allgemein geübte Praxis der Wiederverwendung des Holzwerkes aus durch Hurrikane und Springfluten zerstörten Häusern bildet eine große Gefahr für Neuinfektionen in gleicher Weise wie das Einbringen alter Möbelstücke in neue Häuser. Lagerndes Holz ist besonders während der Schwarmzeit von *C. brevis* eine Befallsquelle für neues Holz. Die Tatsache, daß in den letzten Jahren mehrfach lebende Trockenholztermiten in Holz England erreichten, ist wohl ein Beweis dafür, daß es unmittelbar vor der Verschiffung durch Paare fliegender *Cryptotermes* befallen worden war.

Harris, W. V.: Isoptera. – **Parc National de l'Upemba**, I. Mission G. F. de Witte en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. van Meel et R. Verheyen (1946 bis 1949). – Fasc. 52 (1) pp. 1–25, 3 plts, Bruxelles 1958.

Auf ihrer Expedition durch den in der Südostecke des belgischen Kongo gelegenen Nationalpark von Upemba im Jahre 1947 sammelten de Witte und seine Mitarbeiter 3000 Termiten, die zu 18 verschiedenen Arten gehörten. Davon konnten 13 Arten genau bestimmt und beschrieben werden. 5 der beschriebenen Arten waren neu: *Crenitermes fruitus, Thoracotermes lusingensis, Noditermes festivus, Microtermes upembae, Cubitermes oblectatus.*

Weite feuchte und gebirgige Graslandgebiete und Savannen Afrikas sind stark von *Cubitermes*-Arten besiedelt, die kleine Hügelnester bauen. Im Upembapark wurden allein 4 *Cubitermes*-Arten festgestellt. Diese *Cubitermes*-Nester zeigen nun alle Grade von Nestassoziationen verschiedener Termitenarten. *Cubitermes*-Termiten assoziieren meist mit kleineren Arten desselben Genus oder mit Angehörigen

verwandter Genera: *Thoracotermes, Crenitermes,* aber auch mit den hochspezialisierten *Anoplotermes,* die keine Soldatenkaste haben, oder mit *Apicotermes,* die die höchstentwickelten Nestkonstruktionen besitzen. In dem von der Expedition gesammelten Material wurde *Anoplotermes sp.* in drei Nestern von *Cubitermes oblectatus, Thoracotermes sp.* in einem Nest von *Noditermes festivus* gefunden. Drei Termitenhügel vom gleichen Fundort zeigten ein noch komplexeres Bild, wie folgende Aufstellung dartut:

Termitenart	Hügelnest		
	1	2	3
Cubitermes oblectatus	+	+	+
Cubitermes muneris	+	—	+
Thoracotermes lusigensis	+	+	+
Crenitermes fruitus	+	—	—
Anoplotermes sp.	—	—	+

Harris, W. V., and E. S. Brown: **The Termites of the Solomon Islands.** Bull. Entomological Research, Vol. 49, Part. 4, 737–750, 2 plates, 1958.

Nach dem von Brown während eines zweijährigen Aufenthaltes gesammelten Termitenmaterial und dem Studium der Sammlungen des Britischen Museums wurden auf den Salomoninseln (7 große und mehrere kleine Inseln) insgesamt 12 Termitenarten festgestellt. *Cryptotermes domesticus* (Haviland), eine Termite, die im ganzen Faunengebiet von Malaya, Papua, Mikronesien und Polynesien vorkommt, ist für die Salomoninseln also nicht charakteristisch. 5 der übrigen 11 Arten sind bisher nur von den Salomonen bekannt. Für alle 12 Arten bringt die Arbeit einen Bestimmungsschlüssel nach der Soldatenkaste. Aus einer Tabelle ersieht man, daß von 114 Termitennachweisen 70 aus Kokospalmenkulturen, 16 aus Wäldern bzw. anderen Freilandbezirken und 28 aus Gebäuden stammen. An Kokospalmen und anderen lebenden Pflanzen richten die Termiten aber keinen Schaden an. Termitenschäden an und in Häusern sind dagegen von größerer wirtschaftlicher Bedeutung. *Cryptotermes domesticus* wird nach den bisherigen Feststellungen nur an Möbelholz schädlich, während *Coptotermes grandiceps* Snyder und *Coptotermes pamuae* Snyder mit einer Ausnahme nur im Bauholz von Häusern gefunden wurden. Gelegentlich werden auch folgende Arten an Gebäuden schädlich: *Schedorhinotermes marjoriae* Snyder, *Sch. solomonensis* Snyder, *Microcerotermes biroi* Desneux sowie *Nasutitermes novarum hebridarum* Holmgren. In einem Falle war ein neugebautes Haus bereits nach 15 Monaten schwer durch *C. pamuae* zerstört. Auch Schäden an Büchern werden von dieser Art berichtet. Die *Schedorhinotermes*-Arten *Sch. marjoriae* und *Sch. solomonensis* besitzen einen Dimorphismus der Arbeiter- und Soldatenkaste (Ausbildung von Groß- und Kleinformen). Das Genus *Schedorhinotermes* zeigt Variationstendenzen innerhalb der Arten, wodurch eine Bestimmung schwierig ist.

Zum Termitenschutz der Häuser wird eine kombinierte Anwendung bautechnischer Maßnahmen (Hochstellen der Häuser auf glatten Zementsockeln und Pfeilern, Metallschutzschienen) und Behandlung des Bauholzes mit chemischen Termitenschutzmitteln empfohlen. Es existiert zur Zeit noch kein Termitenschutzmittel von unbegrenzter Haltbarkeit. Ein für die Tropen geeignetes Holzschutzmittel muß eine besonders hohe Haltfestigkeit im Holz besitzen, damit es durch die heftigen Tropenregen nicht ausgewaschen wird. Die Anwendung hochgiftiger Mittel wie Arsenpräparate führt bei den primitiven hier gebräuchlichen Holzimprägnierungsmethoden leicht zu Unfällen. Weniger giftig sind Kupfersulfat und Chromverbindungen. Gut wirksam ist auch Pentachlorphenol. Da aber zur Anwendung dieses Mittels ebenso wie bei Kreosot organische Lösungsmittel erforderlich sind, bereitet die Verwendung dieser Präparate unter den gegebenen Umständen einige Schwierigkeiten. In jedem Fall müssen auch die hohen Transportkosten für eingeführte Mittel berücksichtigt werden.

Sands, W. A.: **A Revision of the Termites of the Genus *Amitermes* from the Ethiopian Region** (Isoptera, Termitidae, Amiteritinae). – Bull. of the British Museum (Nat. Hist.) Entomology, Vol. 8 (4), 129–156, London 1959.

Das Genus *Amitermes* ist in den wichtigsten zoogeographischen Gebieten – einschl. Australiens und der Paläarktischen Region – vertreten. Nach der Revision an Hand der Sammlungen des Colonial Termite Research Unit des Britischen Museums stellt Sands eine Liste von 13 *Amitermes*-Arten für die Äthiopische Region auf. Drei dieser Arten: *A. acinacifer, A. importunus* und *A. trucatidens* sind Neubeschreibungen. Drei ältere Arten: *A. bechuana* Fuller, *A. paucinervius* (Silvestri) Fuller und *A. seminotus* (Silvestri) Fuller können nicht weiter bei dem Genus *Amitermes* verbleiben, sondern müssen zu der Unterfamilie *Termitinae* gestellt werden. Das Genus *Amitermes* hat seinen Namen von den charakteristischen, hakenförmigen Soldatenmandibeln seiner meisten Arten. Durch die hohe Variabilität mancher aber durchaus nicht aller Arten – besonders der Mandibelmerkmale (Größe, Dicke, Biegung, Grad der Entwicklung des mittleren Mandibelzahnes) mußten eine ganze Reihe alter Arten als Synonyme der heute geltenden Arten eingezogen werden. – Die Arbeit bringt Bestimmungsschlüssel nach den Geflügelten und den Soldaten. Aus der beigegebenen Verbreitungskarte für die Äthiopische Region geht hervor, daß die meisten Funde und Arten im ostafrikanischen Raum etwa zwischen 5° n. Br. und 20° s. Br. und zwischen den 30. und 40. östlichen Längengraden festgestellt wurden. Viele Funde stammen aus totem Holz oder Dung. Nicht von allen Arten sind eigene Nester bekannt. *A. evuncifer* Silvestri baut z. B. aus braunem Karton und Erde eigene Hügelnester, wird aber auch in Hügeln anderer Termitenarten *(Cubitermes, Trinervitermes, Odontotermes* und *Macrotermes)* gefunden. *A. somaliensis* Sjöstedt wurde verschiedentlich in den oberflächlichen Schichten des Hügels von *Macrotermes bellicosus* Smeathman festgestellt. Die gemeinste und verbreiteste Art in ganz Ostafrika ist *A. unidentatus* Wasman, die häufig mäßig harte Hügel aus einer Karton-Erdmischung herstellt, gelegentlich auch in Nestern von *Cubitermes* und *Pseudoacanthotermes spp.* vorkommt.

Springhetti, A.: **Contributi allo studio delle termiti in Italia per l'impostazione razionale della lotta antitermitica.** – VI. Terza esplorazione nel Veneto (provinzia di Rovigo). – Boll. Ist. Pat. Libro, Gennaio-Giugno 1958, pp. 1–3.

Die Untersuchung hat vor allem den Zweck, die Verbreitung der Termiten und ihre Häufigkeit in der Provinz Rovigo festzustellen, besonders in der ländlichen Umgebung der Städte, von wo aus Infektionen in das Stadtgebiet jeweils erfolgen können. Untersucht wurden 7 Gemeinden – manchmal an einer Reihe von Stellen (bis zu 12). Geprüft wurden Faulholzteile lebender Pflanzen, im Boden steckende Holzpfähle, vor allem feuchte Holzteile und alte mehr oder minder vermorschte Baumstrünke. In keinem Fall wurden Termiten oder Termitengalerien gefunden. Wenn auch die Zahl der untersuchten Stellen nicht sehr groß ist, so gestattet sie doch den Schluß, daß in der Provinz Rovigo sowohl *Calotermes* als auch *Reticulitermes*, wenn sie nicht überhaupt fehlen, selten sind, besonders im Vergleich zu Mittelitalien. Dieses Resultat war eigentlich nicht zu erwarten, da *Calotermes* im ganzen Lagunengebiet von Venedig (Giordani-Sokai u. Sepulcri), auf verschiedenen venetianischen Inseln (Springhetti) und in Chioggia (Rui) vorkommen. Man muß auch an die Nähe des nördlichsten Vorkommens von *Reticulitermes* in Oriago und Mira denken, wo ernste Holz- und Gebäudeschäden durch diese Art angerichtet wurden. – Welche Faktoren das Seltenwerden bzw. Verschwinden der Termiten im Gebiet des Polesine bewirken, ist schwer zu sagen. Ob klimatische Bedingungen, die größere Nähe der Apenninen oder Überschwemmungen, die in den letzten Jahren dieses Gebiet heimgesucht haben, dafür verantwortlich sind, ist ungewiß. Daß u. U. auch Faktoren des Mikroraumes von Bedeutung sein können,

zeigt nach SPRINGHETTIS Feststellungen das Auftreten von *Calotermes* bzw. *Reticulitermes* in einem Weinberg Apuliens. – Trotzdem muß zum Schutz von Bibliotheken und Archiven sorgfältig darauf geachtet werden, daß nicht lebende Termiten mit Werk- oder Brennholz eingeschleppt werden. Verf. konnte in Padua in Brennholz (Kastanie!) unbekannter Herkunft *Calotermes flavicollis* feststellen.

SPRINGHETTI, A.: **Contributi allo studio delle termiti in Italia per l'impostazione razionale della lotta antitermitica.** – VII. Esplorazione nel Friuli – Venezia Giulia. – Boll. Ist. Pat. Libro, Gennaio-Giugno 1958, 1–14.

Im Gebiet von Friaul und dem Julischen Venetien sind bisher nur zwei Fälle von Termitenbefall durch *Reticulitermes lucifugus* bekannt geworden, der eine aus Triest, der andere aus Udine. In Landbezirken sind Termiten hier noch nicht festgestellt worden. Die Schäden waren im Vergleich zu denen in Oriago und Mira nur mäßig. *Calotermes flavicollis* ist bislang nicht beobachtet worden. – Trotzdem glaubt Verf., daß *R. lucifugus* in der ganzen Küstenzone des Gebietes vorkommt, das im Osten mit dem Verbreitungsgebiet in Venedig, im Westen mit dem Dalmatiens in Verbindung steht, wobei allerdings zu erwägen ist, ob nicht Udine nur ein inselartiges Befallsgebiet darstellt. Jedenfalls liegt Udine an der äußersten Grenze des nördlichen Vorkommens von *Reticulitermes*. In Triest fand Prof. MÜLLER (1954) eine *lucifugus*-Infektion in einem Privathaus und in einem Baumstrunk des nahegelegenen Stadtgartens. MÜLLER und andere ortskundige Fachleute glauben auch, daß Termiten in der Umgebung von Triest vorkommen, obwohl nach MEZZENA (Civico Museo di Storia Naturale) im Triester Gebiet keine Termiten gefunden wurden. Die genaue Untersuchung der Bibliotheken und Archive der Stadt ergab keinen positiven Befund. In jedem Falle wurden auch die befallsbegünstigenden Umstände: Holzfußböden, Feuchtigkeit, Gartennähe usw. geprüft. – In der Provinz Gorizia wurden bisher gleichfalls keine Termiten festgestellt. Die Nähe der Julischen Alpen mag das Klima dieses Gebietes für das Vorkommen von Termiten zu ungünstig beeinflussen. In Udine wurde in den Kellern von bewohnten, benachbarten Häusern *R. lucifugus* – auch Befall von Tür- und Fensterpfosten – nachgewiesen. In den Gärten der befallenen Häuser waren die Stützpfähle für Rosen gleicherweise infiziert. Auch in Gärten, die an anderen Stellen lagen, zeigten Termitengalerien an Holzpfählen deutlich die Anwesenheit von Termiten, wahrscheinlich *R. lucifugus*, an. Die Bewohnerin eines dieser Häuser berichtete, im vergangenen Jahr eine Invasion schwarzer geflügelter Insekten beobachtet zu haben, die aus Rissen der Treppe hervorkamen. SPRINGHETTI konnte an diesen Stellen Termiten der Sterilkasten von *Reticulitermes* nachweisen. Es handelte sich also hier sicher um ausschwärmende Imagines von *R. lucifugus*. Dieser interessante Fall beweist, daß selbst im nördlichsten Verbreitungsgebiet von *R. lucifugus* in Italien geflügelte Imagines gebildet werden und ausschwärmen. Diese Beobachtung ist nach Ref. wohl geeignet, die Meinung, daß in Italien *R. lucifugus* sich nicht durch Schwarmtermiten fortpflanze, in Frage zu stellen.

PERSONALIEN

Prof. Dr. Friedrich Zacher zum Gedächtnis

Am 16. September 1961 entschlief nach kurzer, schwerer Krankheit im Alter von 77 Jahren Dr. Friedrich Zacher, Direktor a. D. des Pflanzenschutzamtes Berlin und Honorarprofessor an der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg. Dadurch hat die angewandte Entomologie in Deutschland einen unersetzlichen Verlust erlitten. Wieder ist einer ihrer Mitbegründer von uns gegangen. War Zacher doch der erste, der in Deutschland der Kenntnis von den Vorrats- und Materialschädlingen die Anerkennung als einer eigenen Wissenschaft verschafft hat, die heute unter dem von ihm geprägten Namen „*Vorratsschutz*" immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Zacher war zur Begründung dieser neuen Wissenschaft wie kein zweiter geeignet. Am 18. Juni 1884 als Sohn eines Universitätsprofessors in Breslau geboren, hatte er sich schon als Schüler bei der Erforschung seiner schlesischen Heimat entomologisch hervorgetan. Auf der Universität seiner Heimatstadt erwarb er bei Kükenthal mit einem selbst gewählten entomologisch-taxionomischen Thema „Beiträge zur Revision der Dermapteren. I. Die Systematik der „*Prodermaptera*" den Grad des Dr. phil. Bei seinen taxionomischen und faunistischen Orthopterenstudien, die ihre Krönung in einer zusammenfassenden Darstellung der deutschen Fauna nach tiergeographischen und ökologischen Gesichtspunkten fand („Die Geradflügler Deutschlands und ihre Verbreitung", Jena 1917), und durch taxionomische Untersuchungen an schädlichen Spinnmilben hatte er sich die Erfahrungen angeeignet, die dazu nötig waren, um die zahllosen, in allen möglichen Veröffentlichungen zerstreuten Notizen und Mitteilungen über Vorrats- und Materialschädlinge zu sammeln, zu sichten und durch eigene Untersuchungen, die er seit 1917 als Sachbearbeiter und seit 1920 als Leiter des Laboratoriums für Vorratsschutz an der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem machen konnte, zu ergänzen und daraus einen Überblick über ihre Bedeutung zu gestalten. Unermüdlich und oft gegen das Verständnis seiner vorgesetzten Behörde versuchte er mit allen einschlägigen Wirtschaftszweigen Verbindung aufzunehmen und die Schädlinge am Tatort selbst kennenzulernen. Es gelang ihm, alle am Vorratsschutz interessierten Kreise in Deutschland zu einer „Gesellschaft für Vorratsschutz" zusammenzufassen und durch Herausgabe der „Mitteilungen der Gesellschaft für Vorratsschutz", die von 1925–1944 erschienen und von seiner als verständnisvolle Mitarbeiterin unentbehrlichen Frau redigiert wurden, für die Notwendigkeit des Vorratsschutzes Verständnis zu erwecken. Nach fast 10jähriger praktischer Erfahrung und unermüdlicher Literaturarbeit konnte dann 1927 das für den Vorratsschutz in Deutschland grundlegende Werk „Die Vorrats-, Speicher- und Materialschädlinge und ihre Bekämpfung" im Verlag von Paul Parey erscheinen. Der amerikanische Staatsentomologe L. O. Howard urteilte 1930 in seinem Buch „A History of Applied Entomology" folgendermaßen darüber: „Important new books are constantly appearing, and will continue to do so. An excellent one was published in 1927, on the subject of the insect enemies of stored products. It is by Dr. Friedrich Zacher, of Berlin . . . It is the largest and latest general work on this subject, and seems to be thor-

oughly up to date. Doctor ZACHER began his work in this direction in 1917, and has evidently studied it most carefully and intelligently."

Aber gerade diese Zusammenstellung zeigte, wie unvollkommen noch das Wissen von diesen Schädlingen war. Daher studierte ZACHER im Laboratorium die Biologie der weniger bekannten Schädlinge. Neben einer Anzahl wissenschaftlicher Arbeiten, besonders über die Samenkäfer, ist das wichtigste Ergebnis davon die Niederschrift seiner Erfahrungen in dem Beitrag „Haltung und Züchtung von Vorratsschädlingen" für das von E. ABDERHALDEN herausgegebene „Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden" (1933). Das Studium der Vorratsschädlinge im Laboratorium gibt aber noch nicht genügende Unterlagen für die Schaffung eines wirksamen Schutzes vor ihnen. Man muß dazu ihre Einpassung in ihre vom Menschen geschaffenen Lebensräume kennen. So kam ZACHER dazu, auch diese mit den Methoden der Ökologie zu untersuchen. Eine Zusammenfassung seiner Ergebnisse widmete er 1938 dem VII. Internationalen Entomologenkongreß in einem Sonderheft seiner Mitteilungen („Die Gliedertiere *[Arthropoda]* der Mühlen und Getreidespeicher in Deutschland"). Da ZACHER ja in erster Linie für die Praxis wirken wollte, so beschäftigte er sich auch mit den Fragen der Schädlingsbekämpfung eingehend. Hierbei war er vor allem bestrebt, die giftigen Schädlingsbekämpfungsmittel im Vorratsschutz durch für Mensch und Haustier unschädliche zu ersetzen. So propagandierte er die Verwendung der sog. oberflächenaktiven Pulver, deren auf ihrer wasserentziehenden Wirkung beruhenden Abtötungserfolge er zuerst richtig deutete, weshalb diese Erscheinung als „ZACHER-Effekt" von G. PETERS (1936) in die Literatur eingeführt wurde. Alle diese Untersuchungen, die aus praktischen Erwägungen heraus in Angriff genommen wurden, hatten auch für die allgemeine Zoologie wertvolle Ergebnisse gebracht. Neben diesen wissenschaftlichen Arbeiten fand ZACHER auch noch die Zeit, in zahlreichen Vortragsreisen und populären Aufsätzen in allen möglichen Zeitschriften für den Vorratsschutz zu werben und über seine Notwendigkeit aufzuklären. Das umfangreiche Verzeichnis seiner Veröffentlichungen legt dafür ein beredtes Zeugnis ab.

So hat ZACHER auf breiter Basis die Grundlagen für einen wissenschaftlichen Vorratsschutz gelegt und für seine feste Verankerung in der Praxis gesorgt. Er hat ein riesiges Feld abgesteckt und die Lücken aufgezeigt, zu deren Ausfüllung ein Menschenleben viel zu kurz und die Arbeitskraft eines Menschen viel zu beschränkt ist. Noch viele Entomologen werden ihren Eifer einsetzen müssen, um das von ZACHER begonnene Gebäude auszubauen. Mögen sie sich des großen Pioniers würdig erweisen, der trotz mancher schwerer Kämpfe, die er bestehen mußte, und neben vielen anderen Arbeiten über Orthopteren, Schädlinge tropischer Kulturpflanzen und heimische Pflanzenschädlinge die festgegründete Grundlage geschaffen hat[1].

H. WEIDNER, Hamburg

[1] Siehe auch diese Zeitschrift, B. 36 S. 236.

Druckfehlerberichtigung

zur Arbeit ASCHER, Houseflies in Israel Bd. 48, Heft 2, S. 115—162.

Auf S. 115, Fußnote 1 muß es richtig heißen: *Riv.* Parassit (Abkürz. f. Rivista di Parassitologia) statt Kiv. Parassit.

Auf S. 161, 1. Zeile lies: *Summary*[14] statt Summary[9], ferner in der Fußnote richtig „[14]" statt „[9]".

Neuerscheinungen:

CARRINGTON BONSOR WILLIAMS

Die Wanderflüge der Insekten

Einführung in das Problem des Zugverhaltens der Insekten unter besonderer Berücksichtigung der Schmetterlinge

Übersetzt und bearbeitet von Dr. HUBERT ROER

Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn

1961 / 232 Seiten mit 79 Abbildungen im Text und auf 16 Tafeln und mit 2 Karten
In Ganzleinen 22,— DM

Seitdem wir wissen, daß nicht nur Vögel zu bestimmten Jahreszeiten ausgedehnte Wanderungen vornehmen, sondern auch Insekten zu erstaunlichen Flugleistungen befähigt sind, hat es nicht an Versuchen gefehlt, diesem Phänomen nachzuspüren. In dem vorliegenden Buch hat der Begründer dieses Zweiges der entomologischen Forschung, C. B. WILLIAMS, seine Untersuchungsergebnisse über alle mit der Erscheinung der Migrationen zusammenhängenden Fragen in allgemeinverständlicherer Form niedergelegt. Wenn auch auf manche Fragen noch keine erschöpfende Antwort gegeben werden kann, so vermittelt sein Werk doch einen wertvollen Überblick über das Flugverhalten dieser Tiergruppe. Dr. ROER hat bei der Übersetzung die seit dem Erscheinen der englischen Ausgabe im Jahre 1958 hinzugekommenen Forschungsergebnisse in den Text eingearbeitet, so daß der gegenwärtige Stand des Wissens wiedergegeben wird.

NIKO TINBERGEN

Wo die Bienenwölfe jagen . . .

Neugierige Forscher in freier Natur

Mit einem Geleitwort von KONRAD LORENZ

Aus dem Englischen und Holländischen übersetzt und bearbeitet von
AMÉLIE KOEHLER

1961 / 228 Seiten mit 80 Abbildungen im Text und auf 32 Tafeln / In Ganzleinen 18,60 DM

Der als Freilandzoologe berühmt gewordene Verfasser und Herausgeber der Bücher „Instinktlehre" und „Tiere untereinander" berichtet in dem vorliegenden Werk im Plauderton von seinen Entdeckungen und Erlebnissen mit kleineren und größeren Tieren – von Bienenwölfen und Sandwespen, Robben und Polarhunden, Baumfalken, Lachmöwen, Nachtfaltern und manch anderen Tieren der weiten Welt. Sein Buch ist wiederum eine Fundgrube an neuen Einsichten und Ergebnissen für die Verhaltenslehre der Tiere.

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN

MONOGRAPHIEN ZUR ANGEWANDTEN ENTOMOLOGIE

Beihefte zur Zeitschrift für angewandte Entomologie

Herausgegeben von Prof. Dr. rer. nat. W. ZWÖLFER

Soeben erschien als 17. Heft:

Die Mikrosporidien als Parasiten der Insekten

Von Dr. JAROSLAV WEISER

Laboratorium für Insektenpathologie, Biologisches Institut der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Prag

1961 / 149 Seiten mit 60 Abbildungen und 6 Tafeln / Broschiert 30,80 DM / Für Abonnenten der Zeitschrift für angewandte Entomologie 28,— DM

Unter den pathogenen Protozoen spielen Mikrosporidien, die besonders artenreich als intracelluläre Parasiten bei Insekten verbreitet sind, eine wirtschaftlich beachtliche Rolle. Von den Erregern der Seidenraupenpébrine und der Nosemaseuche der Honigbiene, den üblichen Schulbeispielen für Mikrosporidien, war das schon lange bekannt. Geringere Beachtung fand bislang dagegen selbst in zoologisch orientierten Fachkreisen und in solchen der angewandten Entomologie das Vorkommen ihrer Vertreter bei Schadinsekten, obschon deren Massenvermehrungen und die damit verbundenen Kalamitäten durch manche Mikrosporidienarten so gehemmt werden können, daß sie nicht zur Entfaltung kommen. Auch im Rahmen der biologischen Schädlingsbekämpfung, mit der in den letzten Jahrzehnten durch den Einsatz insektenpathogener Mikroorganismen bemerkenswerte Erfolge erzielt wurden, fanden sie noch nicht den ihnen gebührenden Platz. Das Fehlen einer Bearbeitung, welche die bedeutenden neuen Forschungsergebnisse übersichtlich zusammenfaßte, die seit KUDOS 1924 erschienener Monographie gewonnen wurden, machte sich hierbei bemerkbar.

Mit WEISERS Publikation wird diese Lücke geschlossen: 20 Jahre eigener Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Mikrosporidienkunde, die dem Autor internationale Geltung auf diesem Spezialgebiet verschafften, und rund 5000 Belege, die sich im wesentlichen auf insektenpathogene Arten und europäische Verhältnisse beziehen, bilden die Grundlage seiner Bearbeitung.

Neben der speziellen Untersuchungstechnik für Mikrosporidien behandelt sie Morphologie, Zeugungskreis, Widerstandsfähigkeit, Infektionsmodus, Wirtswahl und Spezifität, Einfluß abiotischer Faktoren, Mischinfektionen und Krankheitsbild. Auch die Bekämpfung von Mikrosporidien bei Nutzinsekten und die Nutzbarmachung einiger ihrer Vertreter zu biologischen Bekämpfungszwecken wird erörtert.

Für den *Fachzoologen*, den *Protozoenforscher* und die *Vertreter der angewandten Entomologie aller Richtungen* sowie für alle jene, die forschend auf dem Gebiet des *Pflanzenschutzes* tätig sind, ist der umfangreiche Bestimmungsschlüssel, der den Hauptteil des Werkes ausmacht, besonders wertvoll. Er ist nach den einzelnen Wirtsgruppen aufgeteilt und ermöglicht ohne Schwierigkeit die Bestimmung bis zur Art.

Das Buch ist mit vorzüglichen Aufnahmen, instruktiven Übersichtstafeln und einer vollständigen Literaturübersicht über die bei Insekten auftretenden Mikrosporidien ausgestattet. Nach Inhalt und Anlage verspricht es Ausgangspunkt wertvoller neuer Forschungen zu werden.

Als 16. Beiheft erschien Anfang 1960:

Biologie der westpaläarktischen Raupenfliegen
Dipt., Tachinidae

Von Dr. BENNO HERTING

Landesmuseum für Naturkunde, Münster/Westfalen

1960 / 188 Seiten mit 12 Abbildungen / Broschiert 32,— DM / Für Abonnenten der Zeitschrift für angewandte Entomologie 28,— DM

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN